Agences de l'Eau

Système d'Evaluation de la Qualité des milieux littoraux - Volet Biologique

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES BIOINDICATEURS DE L'ETAT DU MILIEU

Fascicule 3 - Les organismes indicateurs de la qualité du milieu marin : Les cahiers thématiques

SORIS
Filiale d'EZUS

Centre d'océanologie de Marseille
UMR N° 6540 DIMAR - Station Marine d'Endoume
Rue de la batterie des lions - 13007 Marseille

CREOCEAN
23, allée des Tamaris
17000 La Rochelle

PEREZ T., SARTORETTO S., SOLTAN D., CAPO S., FOURT M., DUTRIEUX E., VACELET J., HARMELIN J.G., REBOUILLON P. (2000). Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. *Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique.* Rapport Agences de l'Eau, 4 fascicules, 642 pp. + 1 Cd-rom.

LES ORGANISMES INDICATEURS DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN : LES CAHIERS THEMATIQUES

1. MODE D'EMPLOI 239

1.1. LA FICHE DE PRESENTATION 239
1.2. LES FICHES SPECIFIQUES 239
1.3. LES FICHES DE SYNTHESE CRITIQUE 240

2. LES CAHIERS THEMATIQUES 242

Les végétaux

Cahier 1 : Macroalgues 243-277
Cahier 2 : Phanérogames 278-297

Les protozoaires

Cahier 3 : Foraminifères 298-313

Les invertébrés

Cahier 4 : Spongiaires 314-328
Cahier 5 : Actiniaires 329-338
Cahier 6 : Gorgonaires 339-347
Cahier 7 : Madréporaires 348-361
Cahier 8 : Autres Cnidaires 362-368
Cahier 9 : Bivalves 369-412
Cahier 10 : Autres Mollusques 413-433
Cahier 11 : Polychètes 434-452
Cahier 12 : Bryozoaires 453-460
Cahier 13 : Echinodermes 461-474
Cahier 14 : Crustacés 475-494
Cahier 15 : Ascidies 495-505

Les vertébrés

Cahier 16 : Poissons 506-541
Cahier 17 : Mammifères 542-553

Des communautés

Cahier 18 : Phytoplancton 554-583
Cahier 19 : Zooplancton 584-596
Cahier 20 : Benthos 597-607

1. MODE D'EMPLOI

Les cahiers thématiques ont été conçus de telle sorte qu'ils présentent les applications des différentes techniques d'évaluation de la qualité détaillées précédemment. Les références bibliographiques sélectionnées et présentées dans ce chapitre ont pour but d'illustrer les niveaux d'application de ces techniques d'évaluation avec les différents grands groupes d'organismes marins. Chaque cahier traite d'un groupe d'organismes particulier, mais ne reflète pas nécessairement une organisation taxonomique *stricto sensu*. Ainsi, certains cahiers présentent effectivement un groupe taxonomique (spongiaires, bryozoaires, etc.), et d'autres des sous-groupes (bivalves, macroalgues, gorgonaires, etc.) ou des communautés (phyto- et zooplancton, communautés benthiques).

Chaque cahier thématique débute par une page de présentation du groupe traité. Il contient un nombre variable de fiches spécifiques, et conclut par deux fiches de synthèse critique du groupe comme outil de bioévaluation.

1.1. LA FICHE DE PRESENTATION

Le but de cette fiche illustrée est de présenter succinctement le groupe traité dans le cahier thématique. D'une manière très générale, sont présentées les limites de distribution du groupe, et les caractéristiques principales de sa biologie. De cette première description dépendent la potentialité d'utilisation d'un organisme pour évaluer la qualité, et son efficacité à retranscrire les niveaux de contamination d'un environnement physique précis. Par exemple, un organisme filtreur, utilisant pour se nourrir des matières en suspension dans la colonne d'eau ne donnera pas la même image de la contamination qu'un détritivore utilisant les dépôts détritiques dans le sédiment ou qu'un végétal qui n'utilise pour vivre que des substances dissoutes. De la même façon, un bioindicateur à durée de vie très courte, permet de donner une image instantanée du niveau de contamination de l'environnement, alors qu'un autre, capable de vivre plusieurs années, permet d'effectuer des suivis à long terme.

Pour faire suite à cette courte description du groupe, le développement de chacune des grands approches techniques est signalé, ainsi que l'implication d'espèces de ce groupe dans des réseaux de surveillance.

1.2. LES FICHES SPECIFIQUES

Leur nombre est variable, et dépend implicitement de la potentialité du groupe. Une fiche spécifique synthétise une ou plusieurs références bibliographiques regroupées de façon

logique. Ces regroupements sont variables, et dépendent du groupe présenté. Une fiche spécifique peut traiter de l'application d'une même approche méthodologique à différentes espèces, ou de la comparaison de ces approches au sein d'une seule espèce. La différence entre deux fiches spécifiques peut aussi résider dans le lieu géographique de l'application ou de la source d'altération des organismes. Les différentes fiches d'un cahier sont classées et hiérarchisées à l'aide de mots clés.

Les informations essentielles à la mesure des apports de ces travaux scientifiques sont recueillies et présentées dans ces fiches. Il s'agit d'une part d'identifier les espèces animales ou végétales testées, et le contexte des études (localisation de l'étude, identification de la source de pollution, des paramètres mesurés et outils employés). D'autre part, ces fiches présentent les résultats les plus importants en vue d'une application de l'outil avec les organismes présentés. Les références utilisées pour la rédaction des fiches sont citées, et peuvent être consultées dans la base de données bibliographiques PAPYRUS, en saisissant le nom de l'auteur et l'année.

1.3. LES FICHES DE SYNTHESE CRITIQUE

Ces fiches concluent la revue bibliographique du groupe d'indicateur. Elles se décomposent en deux volets : (i) une fiche traduisant le caractère opérationnel du groupe d'indicateurs , (ii) une deuxième fiche permettant de faire quelques commentaires sur les points forts et limites d'une utilisation de ce groupe d'indicateurs.

La première fiche synoptique est appelée « caractère opérationnel du groupe ». Elle présente les niveaux d'application de chacune des approches techniques de bioévaluation de la qualité du milieu marin. Six degrés d'application ont été définis depuis l'emploi en routine d'un couple « organisme – technique » jusqu'au rejet définitif de toute perspective d'application.

1 : **la méthode est appliquée en routine** avec des éléments de ce groupe d'organismes en réseaux de surveillance.

2 : **la méthode est plus que prometteuse dans ce groupe.** Elle est prête à être appliquée en réseau et est parfois recommandée par des instances internationales.

3 : **la méthode dans le groupe est prometteuse.** Quelques développements sont nécessaires avant son application. Il peut s'agir d'un manque de standardisation de la technique d'évaluation, où d'une nécessité d'initier au préalable une application pilote.

4 : **la méthode est en phase de recherche dans le groupe.** Il peut s'agir de méthodes déjà approuvées pour d'autres groupes d'organismes, et en voie de développement dans le groupe présenté.
5 : **la méthode n'a pas été suffisamment abordée** dans ce groupe pour en tirer une conclusion sur sa potentialité.
6 : l'emploi de ce groupe avec une approche technique a été testé sans succès. **Il faut rejeter l'idée d'une éventuelle application**.

Les informations contenues dans cette première fiche concerne les meilleurs niveaux d'application du groupe pour chacune des approches techniques. Face à cette suite de codes, sont présentés les paramètres qui ont effectivement les mêmes niveaux d'application. Les paramètres dont la potentialité est moins importante sont discutés dans la deuxième fiche de synthèse critique. Cette dernière offre la possibilité d'appuyer les principaux points forts du groupe et surtout d'en souligner les limites d'utilisation. Par exemple, il peut s'agir (i) de la limitation d'une application à une aire géographique donnée, ou à une tranche bathymétrique, (ii) de la nécessité de valider des premières observations avant de tirer des conclusions, (iii) de la totale incapacité à étudier un paramètre précis par l'emploi de ce groupe.
Le champ « commentaires » a pour objectif de discuter de tout ce qui n'est pas apparu jusqu'à lors : (i) des techniques de niveaux d'application moindre que celles présentées dans la première partie de la fiche critique ; (ii) de la mise en place de précautions particulières pour l'utilisation du groupe ; (iii) de la recommandation d'une méthode différente pour mesurer un paramètre donné (ex. plutôt que ses tissus, doser la coquille de la moule pour avoir une meilleure image du plomb dissous dans l'eau de mer) ; (iv) de l'identification précise d'une espèce bioindicatrice.

Le chapitre traitant des recommandations en vue de la création de nouvelles grilles de qualité est élaboré à partir de l'ensemble des fiches critiques des cahiers thématiques, et des discussions réalisées autour des différentes techniques d'évaluation de la qualité.

2. LES CAHIERS THEMATIQUES

Cahier N° : 1

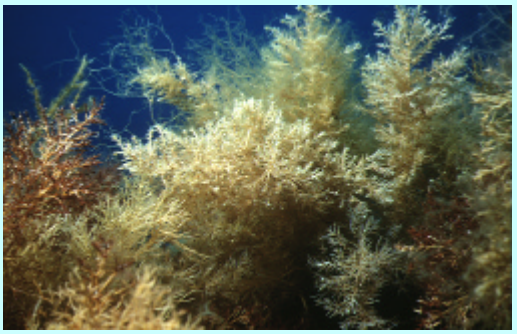
MACROALGUES

Description :

Végétaux - Algues - Benthiques

Photo ci-contre :

Cystoseira spp. Les cystoseira sont des algues brunes vivaces, dont on dénombre une trentaine d'espèces en Méditerranée. Ces espèces sont très sensibles à la qualité du milieu marin (Ph. P. Francour).



Distribution

géographique	Très large distribution
bathymétrique	Du médiolittoral jusqu'au circalittoral pour les espèces du coralligène
milieu(x) occupé(s)	Tous les types de milieu offrant de l'éclairement et une humectation suffisante

Biologie

nutrition	Photoautotrophe
reproduction	Multiplication végétative, reproduction asexuée et sexuée
durée de vie	Très variable : inférieure à l'année à plusieurs années

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: peuplements - structure - dégradation

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Espagne), Pacifique (Etats-Unis, Australie), Océan indien (Australie)

bathymétrique zones intertidales et subtidales

milieu substrats rocheux, estuaires, mer ouverte

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains et industriels	Recouvrement, nombre d'espèces, stratification des peuplements le long d'un gradient de pollution ou après installation de rejets.	Transects, quadrats, photos. Classification des algues en six groupes morphologiques (Etats-Unis).

Principaux résultats :

Dégradation des peuplements le long du gradient de pollution :
- diminution du recouvrement et de la richesse spécifique,
- réduction de la stratification des peuplements, en général les grandes algues pérennantes sont remplacées par un gazon d'espèces plus petites,
- réduction ou disparition des espèces sensibles en particulier les grandes Phaeophyceae (Cystoseira, Hormosira, Egregia, Halidrys, Sargassum),
- les peuplements sont dominés par des espèces plus tolérantes : plusieurs Rhodophyceae dont Corallina spp. et Gelidium pusillum pour l'ensemble des études, et des Chlorophyceae (Ulva le plus souvent),
- développement d'animaux filtreurs au détriment des peuplements algaux.

L'étude menée dans le Pacifique (Etats-Unis) sur les types morphologiques montre que les recouvrements les plus importants dans les zones polluées concernent les algues encroutantes, les corallinaceae articulées et Rhodophyceae filamenteuses. On note la quasi-absence d'algues aux thalles épais foliacés ou cylindriques;

Références bibliographiques :

Diez I. et al., 1999. Mar. Pollut. Bull., 38(6): 463-472
Brown V.B., 1990. Bot. Mar., 33: 85-98
May V., 1985. Cunninghamia 1(3): 385-394
Murray S.N., Littler M.M., 1984. Hydrobiologia, 116-117: 374-382
Littler M.M., Murray S.N., 1975. Mar. Biol., 30: 277-291

Mots clés: prolifération - eutrophisation

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Espèces à proliférations saisonniéres importantes (blooms)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique, Mer du nord, Baltique, Méditerranée, Pacifique, Océan indien

bathymétrique zones intertidales et subtidales

milieu Baies, étangs, estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Apports en nutrients (azote et phosphore) par rejets urbains et industriels, et ruissellements de zones agricoles.	Biomasse et densité (kg/m2) des masses d'algues.	Non spécifiées.

Principaux résultats :

Les blooms algaux concernent environ 30 espèces, sutout des Chlorophyceae , des Rhodophyceae mais aussi des Phaeophyceae.
Les espèces à l'origine de proliférations importantes sont le plus souvent : Ulva spp., Enteromorpha spp., Cladophora spp., Gracilaria spp.
Ces proliférations sont directement liées à l'enrichissement du milieu marin en azote et phosphore.
Les espèces produisant ces proliférations sont opportunistes, ont des caractéristiques écologiques, biologiques, physiologiques et de reproduction leur conférant une grande capacité d'adaptation : elles sont tolérantes aux variations environnementales de température, de salinité et de lumière. Elles présentent un taux de croissance élevé, se multiplient de façon végétative et assimilent rapidement les nutrients pour lesquels elles ont une affinité importante.

Références bibliographiques :

Morand P., Briand X., 1996. Bot. Mar., 39: 491-516
Dion P., Le Bozec S., 1996. In: Ecological studies, Schramm&Nienhuis eds., 123: 251-263.

Mots clés: peuplements - gradient - méditerranée

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Grèce)

bathymétrique Etage infralittoral supérieur

milieu Substrats rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent urbain (Marseille) Apports importants en nutrients des terres agricoles avoisinantes	Recouvrement, richesse spécifique des peuplements le long d'un gradient de pollution	Quadrats (20x20cm)

Principaux résultats :

Dégradation des peuplements au fur et à mesure que l'on se rapproche de la source de pollution :
- simplification structurale des peuplements, diminution du nombre d'espèces et du recouvrement,
- certains groupes apparaissent sensibles à la pollution : les Fucophyceae, et en particulier le genre Cystoseira mais aussi certaines Rhodophyceae (Cryptomeniales, Ceramiales, Gigartinales, Bonnemaisonniales, Gelidiales, Rhodyméniales),
-le groupe des Bangiophyceae (Rhodophyceae) montre une nette augmentation avec la pollution et semble constituer des indicateurs de la pollution organique en Méditterranée.

Un indice de pollution IP est défini par Belsher à partir des groupes d'espèces dont les valeurs de tension (rapport de la dominance quantitative sur la dominance qualitative, traduit l'adaptation au milieu d'un groupe d'espèces au milieu) fluctuent avec la pollution. IP est le rapport des groupes d'espèces en tension décroissante sur ceux en tension croissante. Il est égal à zero dans les zones de référence et augmente avec l'élévation de la pollution.

Références bibliographiques :

Belsher T., 1979. Téthys, 9(1): 1-16
Belsher T., 1979. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 25-26(4): 187-189
Chryssovergis F., Panayotidis P., 1995. Oceanologica Acta, 18(6): 649-658

Mots clés: fucus spp - répartition - dégradation

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Peuplements à Fucus spp.*

Localisation d'étude :

géographique: Mer du Nord (Norvège), Baltique (Allemagne, Suède)

bathymétrique: Zone intertidale et subtidale

milieu: Substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Dégradation dans le temps des conditions générales (suivis à long terme). Effluent industriel (usine de pâte à papier). Apports importants en nutrients.	Distribution bathymétrique des peuplements, recouvrement, biomasse.	Transects, quadrats, caméra, visionneuse sous-marine.

Principaux résultats :

Les suivis à long terme et les suivis ponctuels le long d'un gradient de pollution montrent une sensibilité des peuplements à Fucus spp. à l'augmentation de la pollution. On observe :
- une diminution du recouvrement, de la biomasse et du nombre d'espèces,
- une réduction de la répartition bathymétrique des peuplements à Fucus principalement due à une diminution de la pénétration de la lumière par augmentation de la turbidité des eaux que génèrent les divers rejets

Références bibliographiques :

Kautsky H., 1992. Ambio, 21(4) : 308-313
Kautsky H. et al., 1986. Mar. Ecol. Prog. Ser., 28: 1-8
Vogt H., Schramm W., 1991. Mar. Ecol. Prog. Ser., 69: 189-194

Mots clés: peuplements - dégradation - turbidité

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Italie, France), Adriatique (Slovénie, Croatie), Atlantique (Norvège)

bathymétrique Zones intertidale et subtidale, étage infralittoral

milieu substrats durs, ports, fjords, mer ouverte

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses : effluents urbains, industriels, centrale thermique, drainage terres agricoles, rivières polluées, activités portuaires	Composition spécifique, biomasse, recouvrement.	Transects, cartographie ou techniques non spécifiées.

Principaux résultats :

L'ensemble des études montrent des changements similaires de la végétation soumise aux différentes perturbations :
- diminution de la biomasse ou du recouvrement selon les études
- élimination des Fucales (Fucus, Sargassum, Cystoseira, Laminaria), et de plusieurs Rhophyceae
- développement des espèces tolérantes en particulier les Chlorophyceae (Ulva, Enteromorpha, Cladophora, Codium).

L'augmentation de la turbidité des eaux provoque le développement d'espèces sciaphiles de niveaux bathymétriques inférieurs ou la réduction de la répartion bathymétrique des peuplements par rapport aux zone de références.

Références bibliographiques :

Munda I.M., 1993. Hydrobiologia, 260-261: 239-253
Munda I.M., 1974. Rev. Intern. Oceanogr., 34: 37-52
Giaccone G., 1991. Oebalia, 17(1): 121-130
Cormaci M., Furnari G., 1991. Oebalia, 17(1): 177-198
Verlaque M., Tine J., 1979. Rev. Ecol. médit., 5(2): 67-86
Klavestad N., 1978. Bot. Mar., 21: 71-97
Golubic S., 1970. Mar Pollut. Bull., 1: 56-57

Mots clés: peuplements - colonisation

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Etats-Unis, Australie), Atlantique (Suède)

bathymétrique zone intertidale

milieu substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains et industriels (Etats-Unis, Australie), eutrophisation (Suède).	Recouvrement, nombre d'espèces, colonisation du substrat.	Stérilisation de surfaces variables pour l'étude de la colonisation du substrat dans des stations polluées et non polluées (Etats-Unis, Australie). Suivi de la colonisation d'un nouveau brise lame d'une zone polluée.

Principaux résultats :

Le recouvrement, la biomasse et la diversité spécifique dans les sites pollués sont plus faibles que dans les sites de référence.
Les peuplements des premiers stades de colonisation sont dominés par des espèces opportunistes à morphologie simple, croissance rapide et cycle de vie court (Cyanophyceae, Ulvophyceae, Ectocarpaceae filamenteuses…). La comparaison des différents sites (Australie, Etats-Unis) montre une colonisation du substrat plus lente dans les sites de référence que dans les sites pollués.
Les similarités entre les peuplements occupant les premiers stades de colonisation des zones de référence et ceux qui dominent dans les milieux pollués confirment l'état "d'immaturité" des peuplements de ces zones.

Références bibliographiques :

Murray S.N., Littler M.M., 1978. J. Phycol., 14: 506-512
Borowitzka M.A., 1972. Aust. J. mar. Freshwat. Res., 23: 73-84
Wennberg T., 1992. Acta Phytogeogr. Suec., 78: 65-77

Mots clés: Cystoseira - détergents - méditerranée

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements à Cystoseira amantacea var. stricta*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent urbain et industriel, pollutions diverses de la baie de Marseille	Distribution spatiale des peuplements à Cystoseira (suivi à long terme) Relation entre cette répartition et la concentration en détergents anioniques des eaux de surface	Cartographie Dosage des détergents: manoxol OT

Principaux résultats :

La régression des peuplements de Cystoseira amantacea de la région de Marseille est constatée depuis les années 1950 avec l'augmentation générale de la pollution. Dans la zone d'influence de l'effluent urbain, les peuplements montent une zonation en fonction de la distance au rejet : une zone de pollution extrême azoïque, une zone sans Cystoseira dominé par Corallina elongata et la moule Mytilus galloprovincialis, enfin une zone subnormale où Cystoseira est présente de façon discontinue.

La superposition de la carte de la distribution spatiale de Cystoseira et de celle des concentrations en détergents anioniques des eaux de surface de la zone montre une analogie entre la distribution des peuplements à Cystoseira, les concentrations en détergents et leur répartition en fonction des courants.

Références bibliographiques :

Arnoux A., Bellan Santini D., 1972. Téthys, 4(3): 583-586
Bellan G., Bellan Santini D., 1972. Marine Pollut. Sea Life, 2-7
Bellan Santini D., 1968. Rev. Intern. Oceanogr., 10: 27-53

Mots clés: peuplements - marée noire - bathymétrie

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements (France)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (France)

bathymétrique Zone intertidale

milieu substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Déversement accidentel de pétrole (Amoco Cadiz)	Etat de la végétation : présence, absence, répartition durant 1.5 an (France)	Photographies

Principaux résultats :

L'étude menée en Bretagne après l'accident de l'Amoco Cadiz montre que ce sont les niveaux bathymétriques les plus élevés qui sont les plus atteints. Ils retiennent en effet pour de longues durées le pétrole amené à marée haute. La dégradation des peuplements semble directement liée au temps d'exposition à la nappe de pétrole. On note ainsi la disparition de la ceinture à Pelvetia canaliculata alors que les ceintures à Fucus spiralis, Ascophyllum nodosum et Fucus serratus sont peu atteintes. Certaines espèces présentent des anomalies : décoloration, rigidité du thalle.

Références bibliographiques :

Floc'h J.Y., Diouris M., 1980. Ambio, 9(6): 284-286

Mots clés: peuplements - restauration

Groupe **Macroalgues** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Espagne, Norvège), Mer du nord (Angleterre)

bathymétrique Zones intertidale et subtidale

milieu Estuaires, mer ouverte, substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents domestiques et industriels	Recouvrement, nombre d'espèces, présence-absence : comparaison avant et après réduction de la pollution	Transects, quadrats ou techniques non spécifiées

Principaux résultats :

L'ensemble des études montrent un début de restauration des peuplements en réponse à la réduction de la pollution du milieu marin. Elle se traduit par
- une augmentation du nombre d'espèces et de l'abondance totale,
- une atténuation de la zonation des peuplements due à la pollution,
- la disparition d'espèces indicatrices de pollution
- la recolonisation des substrats par des espèces jusqu'alors absentes

Références bibliographiques :

Gorostiaga J.M., Diez I., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser., 130: 157-167
Bokn T.L. et al., 1996. Hydrobiologia, 326/327: 297-304
Hardy F.G. et al., 1993. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 172: 81-92

Mots clés: Ulva - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ulva lactuca, Ulva rigida*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Hong Kong), Méditerranée (Adriatique: Italie)

bathymétrique Zones intertidales

milieu Lagune de Venise, ports, mer ouverte

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents domestiques, industriels, activités agricoles	Concentrations en métaux lourds : - Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, dans U. lactuca à Hong Kong - idem et Al et Cr dans U. rigida à Venise	SAA flamme

Principaux résultats :

Les concentrations obtenues montrent que U. lactuca et U. rigida donnent une bonne indication de la contamination en métaux lourds du milieu avec :
- une affinité particulière pour Fe chez les deux espèces, pour Al chez U. rigida et une bonne accumulation de Mn, Cu, Zn, Pb par U. lactuca,
- pour U. rigida à Venise : une accumulation saisonnière active du Mn et de fortes concentrations en Fe, Zn, Cd pour les faibles salinités.

Références bibliographiques :

Favero N. et al., 1996. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 31(1): 9-18
Ho Y.B., 1990. Hydrobiologia, 203: 73-81

Mots clés: Enteromorpha - Ulva - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Enteromorpha intestinalis, Ulva lactuca*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Nouvelle Zélande)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaire, port

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Activités portuaires	Cu et Zn	SAA

Principaux résultats :

les deux espèces ont des capacités différentes d'accumulation du Cu et du Zn : les concentrations de ces deux métaux sont toujours plus élevées dans Enteromorpha intestinalis que dans Ulva rigida.
Ulva rigida présente des variations saisonnières significatives de l'accumulation du Zn, avec de fortes concentrations en été.
Les résultats obtenus dans les deux algues donnent un niveau de contamination des sites étudiés en accord avec celui donné dans d'autres études pour les eaux de surfaces.

Références bibliographiques :

Brown M.T., 1999. Mar. Environ. Res., 47: 175-184

Mots clés: Enteromorpha - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Enteromorpha spp.*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Allemagne, Angleterre), Atlantique (Brésil)

bathymétrique Zones intertidales

milieu Estuaires et milieux expérimentaux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds	Cd, Pb, Ni, Zn, Cu dans Enteromorpha intestinalis et dans l'eau. Zn, Cd, Hg, Pb dans Enteromorpha spp. Cu, Hg dans Enteromorpha sp cultivées in vitro et in situ.	SAA analyseur de mercure MAS-50. E. intestinalis: étude d' individus transplantés et d'individus "autochtones". Enteromorpha sp : culture in vitro à différentes salinités et concentrations de Hg, Cu et chelateur.

Principaux résultats :

Les différentes études montrent une accumulation des métaux lourds dans Enteromorpha corrélée avec la contamination des estuaires et l'intérêt de l'utilisation de ces espèces pour suivre ces milieux :
- Il est mis en évidence des variations saisonnières et spatiales de l'accumulation des métaux pour Enteromorpha intestinalis ainsi que l'importance de la durée d'humectation des individus dans leur capacité d'accumulation, celle-ci sera d'autant plus importante que cette durée est longue.
- Les suivis d'Enteromorpha dans plusieurs estuaires en Angleterre ont permis d'en déterminer les niveaux de contamination (confirmée par les résultats d'autres études sur les sédiments, l'eau et d'autres organismes vivants) et montrent l'intérêt de l'utilisation de ces espèces cosmopolites pour la comparaison de plusieurs sites.
- L'étude brésilienne montre que (i) l'accumulation du Hg et du Cu est directement corrélée aux formes dissoutes inorganiques de ces métaux dans le milieu, la salinité n'affectant pas de manière significative l'absoption de ces métaux, (ii) la rétention par les tissus est longue (plusieurs semaines) et le relargage progressif. Ces propriétés qui font de cette espèce un bon candidat pour les suivis des métaux.

Références bibliographiques :

Muller M. et al., 1993. Neth. J. Aquat. Ecol., 27(2-4): 189-195
Say P.J. et al., 1990. Hydrobiologia, 195: 119-126
Seeliger U., Cordazzo C., 1982, Environ. Pollut., 29: 197-206

Mots clés: Ascophyllum - transplantation - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascophyllum nodosum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Norvège)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Fjords

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses	Accumulation et relargage de métaux (Zn, Cd, Pb, et Hg) dans des individus transplantés d'un lieu contaminé en métaux lourds à un lieu peu contaminé et vice versa	Dosage des métaux dans différentes parties du thalle (apex, internodes, nouvelle vésicule) par SAA, SAA vapeur froide, spectrométrie à fluorescence X

Principaux résultats :

Ascophyllum nodosum peut constituer un indicateur pratique de la contamination en métaux lourds. Les variations de la concentration en métaux lourds de l'eau définissent leur accumulation dans l'algue. De plus l'intégration des différents groupes d'âges permet le suivi dans le temps de ces variations.
Les mécanismes d'accumulation et de libération varient selon les métaux :
- des variations saisonnières ont été mises en évidence pour l'accumulation du Zn et du Cd, accumulés rapidement en été et lentement en hivers. Peu de variations par contre en ce qui concerne le Pb et le Hg.
- le relargage du Zn, du Cd et du Hg montre une variation saisonnière marquée. Ainsi il semble que l'absorption et le relargage du Zn et du Cd soient le résultats de processus biologiques et que l'accumulation du Pb se fasse par échanges ioniques.

Références bibliographiques :

Eide I. et al., 1980. Environ. Pollut., 23: 19-28

Mots clés: Ascophyllum - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascophyllum nodosum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Ecosse, Canada, Norvège)

bathymétrique Zones intertidales

milieu Estuaires, fjords

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents domestiques et industriels Apports en métaux lourds de pollutions diverses	Zn, Mn, Fe, Cu, Pb, Ni, suivi à long terme (Ecosse). Cu, Cd, Mn, Zn dans l'algue et l'eau, un facteur ce concentration (Cu,Cd) (Canada). Zn, Cu, Pb, Cd, Hg (Norvège).	SAA flamme, SAA vapeur froide. Spectrométrie à fluorescence X.

Principaux résultats :

Les trois études montrent que l'utilisation d'A. nodosum permet d'évaluer de façon pratique et rapide l'état général de la contamination en métaux lourds du milieu marin et d'en identifier les changements majeurs (suivi à long terme).
Cette espèce donne une bonne indication de la qualité des eaux en terme de disponibilité en métaux lourds dans le milieu, mais il est difficile d'établir un lien entre l'accumulation de métaux par ces algues et les concentrations mesurées dans l'eau. A ce titre le facteur de concentration calculé pour le Cu et le Cd dans l'étude canadienne apparaît comme un paramètre très variable. En effet (i) les concentrations mesurées dans l'eau ne donnent pas une image complète des quantités disponibles en métaux dans le milieu sous une autre forme que dissoute, (ii) les algues intègrent les changements à long terme alors que les mesures dans l'eau fournissent des concentrations instantanées, ces concentrations étant très variables d'un moment à un autre pour un même lieu.

Références bibliographiques :

Molloy F.J., Hills J.M., 1996. Hydrobiologia, 326/327: 305-310
Woolston M. et al., 1982. Water Res., 16: 687-691
Haug A. et al., 1974. Environ. Pollut., 7: 179-192

Mots clés: Fucus - Mytilus - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus et Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord et Baltique (Allemagne)

bathymétrique Zone intertidale (Mer du nord), étage infralittoral (Baltique)

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Apports de rivières fortement polluées	20 métaux sont dosés dans les algues et les moules durant 6 ans (Hg, As, Se, Cd, Pb, Cu, Na, K, S, P, Zn, Mn, Fe, Sr, Ca, Ba, Mg, Tl, Ni, Co).	Dosages des éléments par SAA vapeur froide, SAA four, Torche à plasma

Principaux résultats :

Les résultats de l'étude montre que les algues et les moules n'accumulent pas les divers éléments de la même façon :
- pour As, Mn, Co, Ni, et Ba la biomagnification est supérieure chez les algues
- le Hg et le Se sont plus fortement accumulés par M. edulis que par F. vesiculosus
- aucune différence significative entre les deux organismes pour l'accumulation du P, S, Na, K, Mg, Cu, Cd, Pb et Zn.

Il apparaît que ces deux organismes fournissent de bons instruments complémentaires de suivi de la qualité des eaux.

Références bibliographiques :

Ostapczuk P. et al., 1997. Chemosphere, 34(9/10): 2049-2058

Mots clés: Fucus - sédiments - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Angleterre)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses	les concentrations en plusieurs métaux lourds (Cu, As, Pb, Zn, Ag, Cd, Co, Hg, Fe, Mn) dans les algues et les sédiments superficiels sont mesurées dans 18 estuaires	Dosage des métaux par SAA

Principaux résultats :

Les concentrations du Cu, As, Pb, Zn, Ag dans les tissus de Fucus vesiculosus sont significativement corrélées aux concentrations de ces éléments dans les sédiments superficiels.
Ces fortes corrélations peuvent signifier que les métaux dans les sédiments peuvent être remis en solution, ou qu'il existe une partie de l'absorption de ces éléments à partir des particules du sédiment.

Références bibliographiques :

Luoma S.N. et al., 1982. Mar. Pollut. Bull., 13(11): 394-396

Mots clés: Fucus - eau - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Angleterre)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rivières polluées	les concentrations de métaux (Cu, Zn, Pb, Mn, Fe) dans les algues et l'eau sont mesurées dans 4 estuaires	Dosages des métaux par SAA Les mesures dans les algues se font différentes parties du thalle (apex, stipe et parties agées)

Principaux résultats :

L'étude de cette espèce fournit une bonne indication de la qualité moyenne des eaux en différents points d'un même site ou dans la comparaison de plusieurs sites. Plusieurs facteurs influencent la concentration en métaux de Fucus vesiculosus :
- la partie du thalle, avec une accumulation plus importante a lieu dans les parties agées de la plante
- les saisons, avec une variation saisonnière marquée de l'accumulation du Mn
- le niveau bathymétrique, qui influe sur les concentrations du Pb, Mn, et dans une moindre mesure du Fe et Al,
- la salinité, qui semble agir sur la quantité du Mn disponible dans l'eau.

Une relation entre les concentrations en métaux dans les algues et dans l'eau est difficile, celles de l'eau étant d'une grande variabilité en un point donné (influence de la marée, du débit d'eau douce);

Références bibliographiques :

Bryan G.W., Hummerstone L.G., 1973. J. mar. Biol. Ass. U.K., 53: 705-720

Mots clés: Phaeophyceae - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus, F. spiralis, F. serratus, Pelvetia canaliculata, Ascophyllum nodosum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Irelande)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Port, estuaires, mer ouverte

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents domestiques et industriels Activités de pisciculture, activités portuaires, peintures anti-fouling	Mesures des concentrations de 3 métaux (Cu, Zn et Cd) dans les différentes espèces le long de la côte (1982). Mesures de la concentration du Zn dans F. vesiculosus dans le site le plus pollué (1987).	Dosage des métaux par SAA

Principaux résultats :

L'étude pluri-spécifique et l'étude mono-spécifique portant sur F. vesiculosus montrent un gradient de l'accumulation des métaux par les algues en fonction de la contamination des sites (existance ou non de sources de pollution importantes).
L'étude pluri-spécifique montre des variations interspécifiques de l'accumulation des métaux et l'importante capacité d'accumulation de Fucus vesiculosus.
- A. nodosum et F. vesiculosus montrent de plus grandes concentrations en Cu que F. spiralis
- les plus fortes concentrations de Cd se trouve dans F. vesiculosus
- les plus fortes concentrations en Zn sont celles de F. vesiculosus et F. spiralis.

Références bibliographiques :

Cullinane J.P. et al., 1987. Hydrobiologia, 151/152: 285-290
Cullinane J.P., Whelan P.M., 1982. Mar. Pollut. Bull., 13(6): 205-208

Mots clés: Enteromorpha - Porphyra - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Enteromorpha intestinalis, Enteromorpha linza, Porphyra purpurea, Porphyra umbilicakis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Portugal)

bathymétrique Zone intertidale

milieu substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains et industriels, rivières polluées	Les concentrations en métaux (Cd, Cu, Hg, et Pb) sont mesurées dans les 4 espèces d'algues le long de la côte	Dossage des métaux : SAA flamme, SAA vapeur froide

Principaux résultats :

Les résultats obtenus montrent que les algues étudiées peuvent fournir un outil de suivi de la contamination des eaux de la zone étudiée. Les facteurs de concentration moyens montrent une bonne estimation de la contamination du Cd, Cu, et Hg par les Enteromorpha, et du Cd, Cu, et Pb par les Porphyra.
Des variations saisonnières des concentrations en métaux dans les algues sont cependant mises en évidence. L'estimation des niveaux de contamination requiert donc un échantillonnage sur une période relativement longue, ce qui selon les auteurs peut présenter des avantages pratiques limités par rapport à des dosages dans l'eau.

Références bibliographiques :

Leal M.C.F. et al., 1997. Mar. Pollut. Bull., 34(12): 1006-1015

Mots clés: groupes - métaux - atlantique

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *10 espèces dans les trois groupes des Chlorophyceae (vertes), Rhodophyceae (rouges) et Phaeophyceae (brunes)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Brésil)

bathymétrique Zone intertidale, étage infralittoral

milieu Récifs coralliens (Brésil)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents industriels, apports terrigènes dus à la déforestation	Les concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) dans les algues	Dosage des métaux par SAA

Principaux résultats :

La méthode met en évidence des concentrations plus élevées en métaux dans les algues du site soumis aux apports anthropiques bien que des variations interspécifiques dans l'accumulation des métaux aient étè observées.
Ce sont les algues brunes qui montrent des différences significatives de la contamination par les métaux des sites étudiés. Ce groupe qui dominent les peuplements des sites étudiés, présente les niveaux les plus élevées de concentration pour les 10 métaux dosés. Ces résultats suggèrent l'utilisation des espèces de ce groupe pour le suivi de la contamination par les métaux.

Références bibliographiques :

Amado Filho G.M. et al., 1997. Proc. 8th Int. Coral Reef Sym., 2: 1843-1846

Mots clés: groupes - métaux - pacifique

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *11 espèces au Chili et 48 en Australie dans les trois groupes des Chlorophyceae (vertes), Rhodophyceae (rouges) et Phaeophyceae (brunes)*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Chili, Australie)

bathymétrique Zones intertidale et subtidale

milieu zone côtière au Chili, Grande barrière de corail en Australie

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Activités minières : mines de fer et cuivre (Chili). Plaisance et pêche (Australie).	Les concentrations de 17 métaux sont mesurées dans les algues de 14 sites des côtes chiliennes. Les concentrations en Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Hg sont mesurées dans les algues le long de la Grande barrière de Corail.	Dosage des métaux par INAA et SAA flamme

Principaux résultats :

Dans les deux études, les résultats montrent une grande variabilité inter et intra-spécifiques des concentrations des métaux dans les algues. Cependant :
- malgré cette variabilité importante entre sites et périodes d'échantillonnage, les résultats de l'étude chilienne fournissent des différences claires des concentrations entre les sites contaminés et non contaminés,
- les niveaux mesurés dans les algues de la Grande barrière de corail sont bien inférieurs de ceux de milieux contaminés.

Les deux études proposent l'utilisation d'une espèce du groupe des Chlorophyceae pour des suivis de la qualité du milieu marin dans ces régions : Enteromorpha sp au Chili et Chlorodesmis fastigiata en Australie, Ces espèces présentent l'avantage d'être abondantes et largement réparties dans les aires étudiées.

Références bibliographiques :

Vasquez J.A., Guerra N., 1996. Hydrobiologia, 326/327: 327-333
Denton G.R.W., Burdon-Jones C., Mar. Pollut. Bull., 17(3): 98-107

Mots clés: Fucus - Sargassum - Ulva - métaux

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus (Baltique et Mer du Nord), Sargassum filipendula et Ulva sp (Océan indien)*

Localisation d'étude :

géographique Baltique et Mer du nord (Allemagne), Océan indien (Sri Lanka)

bathymétrique Zone intertidale

milieu substrats rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Plusieurs pollutions en Baltique et Mer du nord	Les concentrations de 20 métaux dont 5 terres rares (cerium, europium, samarium, terbium, ytterbium) sont mesurées dans les algues des 3 régions géographiques : 2 polluées (Baltique et Mer du nord), 1 non polluée (Océan indien)	Dosage des métaux par INAA

Principaux résultats :

Cette étude montre que les concentrations mesurées dans les algues brunes varient avec la contamination du milieu. Ainsi Fucus vesiculosus présente les concentrations les plus élevées en Co, Cr et Ni en mer du nord et en Zn dans la Baltique. Alors que Sargassum filipendula dans l'océan indien a les concentrations les plus faibles pour le Cd, Co, Ni et Zn.

Il existe peu de différences des concentrations mesurées dans S. filipendula et Ulva sp sur les côtes Sri Lankaises, bien que soit mise en évidence une affinité particulière de S. filipendula pour Ag, As, Br et Sr. Les concentrations élevées en Hf, Th, U et terres rares mesurées dans ces deux espèces au Sri Lanka pourraient êre attribuées (en dehors de toute source de contamination) à une richesse des substrats en terres rares.

Références bibliographiques :

Jayasekera R., Rossbach M., 1996. Environ. Geochem. Health, 18(2): 63-68

Mots clés: Ulva - uranium

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *Ulva lactuca, Enteromorpha clatharta, Padina pavonica, Laurencia obtusa*
6 espèces de coraux et 1 phanérogame

Localisation d'étude :

géographique: Mer rouge (Jordanie)

bathymétrique:

milieu: Récifs coralliens et substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par l'uranium: activités portuaires (transport de phosphate brut)	Les concentration en uranium (U) sont mesurées dans les algues, les coraux, la phanérogame et le sédiment	Dosage de l'uranium par spectrophotométrie

Principaux résultats :

Les concentrations en uranium des algues augmentent dans les parties les plus contaminées du Golfe avec une accumulation différente selon les groupes : Chlorophyceae (algues vertes) >Phaeophyceae (algues brunes)>Rhodophyceae (algues rouges). C'est Ulva lactuca qui présente d'ailleurs les plus fortes concentrations en uranium et le facteur de concentration le plus élevé.
Les niveaux de concentrations de l'uranium dans les différents groupes étudiés reflétent parfaitement les effets de la contamination de l'environnement.

Références bibliographiques :

Abu-Hilal A.H., 1994. Mar. Pollut. Bull., 28 (2): 81-88

Mots clés: Ascophyllum - radioactivité

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascophyllum nodosum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Irlande)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets radioactifs d'une centrale nucléaire	L'accumulation en éléments radioactifs : Cs (isotope 137), Am (isotope 241), Pu (isotope 239+240),Th (isotope 228) est mesurée dans des algues transplantées d'un lieu peu contaminé à un lieu très contaminé	Mesure de la radioactivité par spectrométrie gamma et spectrométrie alpha

Principaux résultats :

Ascophyllum nodosum montre une nette accumulation du Cs, Am et Pu quand le temps d'exposition augmente. Le césium a le taux d'accumulation le plus élevé suivi dans l'ordre de Am et du Pu. Ce sont les tissus de frondaison des parties les plus jeunes du thalle qui accumulent le plus rapidement.
Par ses réponses aux augmentations de radioactivité, A. nodosum est un bioindicateur approprié de ce type de contamination. Les suivis pourront s'appliquer aux tissus les plus jeunes qui montrent les réponses les plus rapides au changement du milieu environnant.

Références bibliographiques :

Bourne G.S., Assinder D.J., 1991. Oceanologica Acta, 11: 313-320

Mots clés: Fucus - radioactivité

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus, Fucus serratus, Ascophyllum nodosum, Cladophora glomerata*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Suède)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets radioactifs d'une centrale nucléaire	Mesures dans les algues, l'eau et les sédiments des concentrations en éléments radioactifs (Co: isotope 60 et 58, Mn: isotope 54, Zn: isotope 65, Ag: isotope 110) en fonction de la distance au rejet sur une période de 5 ans	Mesure de la radioactivité par détecteur Ge-Li

Principaux résultats :

Parmi les espèces étudiées, c'est Fucus vesiculosus qui s'avére la mieux adapté au suivi de la distribution et de l'évolution de la radioactivité dans le milieu marin.
Les variations des concentrations en Mn, Co et Zn radioactifs dans F. vesiculosus suivent des tendances similaires et reflètent les variations de débit des rejets radioactifs et leur répartition par les courants le long des côtes. Les auteurs expriment par une équation la diminution de la concentration en éléments radioactifs dans F. vesiculosus selon la distance au rejet.

Références bibliographiques :

Nilsson M. et al., 1984. Mar. Environ. Res., 12: 225-242
Mattsson S. et al., 1980. Environ. Pollut., 1: 105-115

Mots clés: Ulva - eutrophisation

Groupe **Macroalgues** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ulva lactuca*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Hong Kong)

bathymétrique Zone intertidale

milieu substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation (apports importants en nutients) par des effluents industriels et domestiques	Mesures du contenu en éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, sodium, calcium) et en fer des algues de sites urbanisés (fortement contaminés) et de sites ruraux (relativement peu pollués) Mesures de la salinité et du pH de l'eau	Dosage des éléments minéraux par méthode de Griess-Iloway, méthode phenol-hypochlorite et bleu de molybdenum

Principaux résultats :

Les quantités moyennes d'azote et phosphore des tissus des algues des sites urbanisés sont respectivement 65% et 87% plus élevées que celles des algues provenant des sites ruraux. Il y a une corrélation significative entre la concentration logarithmique de l'azote inorganique dans l'eau de mer et celle de l'azote des tissus d'Ulva. Les même résultats sont obtenus dans le cas du phosphore.
Les quantités de potassium, sodium et calcium varient peu.
Les concentrations en fer montrent des variations très importantes entre sites et une accumulation importante par les algues provenant de sites situés à proximité d'activités industrielles.
Les résultats préliminaires de cette étude montre que Ulva lactuca peut être utilisée comme indicateur de l'eutrophisation du milieu marin ainsi que de sa contamination en fer.

Références bibliographiques :

Ho Y.B., 1981. Hydrobiologia, 77: 43-47

Mots clés: Fucus - Ulva - Enteromorpha - croissance

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Fucus vesiculosus, Fucus spiralis, Ulva lactuca, Enteromorpha intestinalis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Ecosse)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Suintements de sulfure. Rejets d'une raffinerie et d'une usine pétrochimique. Effluent comprenant des rejets domestiques et pharmaceutiques.	Taux de croissance de Fucus vesiculosus, Ulva lactuca et Enteromorpha intestinalis soumis aux suintements de sulfure Taux croissance de F. vesiculosus et F. spiralis soumis aux 2 autres types de rejets	Des portions de thalle de chaque espèce sont transplantés dans les zones polluées Mesures de croissance : surface des apex de Fucus, diamétre de disques de U. lactuca, poids sec de segments de E. intestinalis

Principaux résultats :

Les rejets de sulfure ont pour effet un ralentissement de la croissance de l'ensemble des espèces, plus marqué chez F. vesiculosus. Cette derniére espèce dégénère complétement : perte de tissus, formation d'une masse gélatineuse.
Les apex de Fucus spiralis soumis au deuxième type de perturbation montre une perte de tissus de plus en plus importante quand on se rapproche de la source. Ces résultats corroborent à un gradient de pollution déjà mis en évidence dans cette région.
La croissance de F. vesiculosus n'est pas affectée par la proximité du troisième type de perturbation.
Cette méthode de transplantation s'est avérée efficace pour mesurer la toxicité des effluents sur les algues dans le milieu naturel sans recours à des expérimentations en laboratoire.

Références bibliographiques :

Wilkinson M. et al., 1994. In :"Changes in fluxes in estuaries: implication from science to management. Dyer K.R., Orth R.J. eds., Fredensborg, Olsen and Olsen, 257-260.

Mots clés: groupes - croissance - chlore

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *14 espèces dans les trois groupes des Chlorophyceae (vertes), Rhodophyceae (rouges) et Phaeophyceae (brunes)*

Localisation d'étude :

géographique: Baltique (Suède)

bathymétrique:

milieu: milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent chloré d'une usine de pâte à papier	Croissance	Expérimentation dans des bassins de 8m cube. Mesures de croissance : accroissement des apex de Fucus spp, poids pour toutes les espèces

Principaux résultats :

L'ensemble des Phaeophyceae, espèces annuelles (Ectocarpus siliculosus, Pilayella littoralis) et pérennantes (Fucus spp., Chorda filum) présentent une grande sensibilité à l'effluent chloré et au chlore avec un arrêt de la croissance à toutes les concentrations testées.
La croissance des Chlorophyceae et des Rhodophyceae par contre n'est pas affectée par la présence de chlore.

Références bibliographiques :

Rosemarin A. et al., 1994. Environ. Pollut., 85: 3-13

Mots clés: Ascophyllum - Laminaria - croissance - gazole

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascophyllum nodosum, Laminaria digitata*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Norvège)

bathymétrique Zones intertidale et subtidales

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition continue durant 2 ans à du gazole	Croissance	Expérimentation dans des bassins de 50 m cube Mesures de croissance: longueur en cm des apex

Principaux résultats :

Une forte concentration en gazole (130micro-grammes/litre) provoque une inhibition plus ou moins continue de la croissance, alors qu'une faible concentration (30micro-grammes/litre) a pour conséquence une inhibition périodique.
L'arrêt de l'exposition des deux espèces au gazole induit un processus de régénération avec une reprise de la croissance.

Références bibliographiques :

Bokn T., 1987. Hydrobiologia, 151/152: 277-284
Bokn T., 1985. In J.O. Ludwingso (ed.), Proceedings 1985 oil speel conférence. Prevention, Behaviour, Control, Cleanup. Publication 4385 API, Washington, DC: 491-496

Mots clés: Gracilaria - croissance

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gracilaria tenuistipata*

Localisation d'étude :

géographique Suède

bathymétrique

milieu milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb), composés organiques (phenol, DCMU, Irgarol), peintures anti-fouling, effluents industriels (usine textile et usine chimique)	Taux de croissance et activité photosynthétique	Mesures de croissance : poids frais Activité photosynthétique: mesure de la production d'oxygéne d'individus provenant de cultures

Principaux résultats :

Les résultats montrent une bonne sensibilité de cette espèce à l'ensemble des contaminants testés avec une différence significative dans les réponses en fonction de la nature des contaminants et de la salinité. La sensibilité de G. tenuistipata est généralement supérieure pour de faibles salinités.
Cette espèce offre l'avantage de bien croître dans les cultures en laboratoire, d'être euryhaline et d'être résistante à l'épiphytisme. La méthode utilisée est suffisament simple et reproductible pour fournir un outil pratique de suivi de la contamination du milieu marin.

Références bibliographiques :

Haglund K., 1996. Hydrobiologia, 326/327: 317-325

Mots clés: Champia - reproduction

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Champia parvula*

Localisation d'étude :

géographique Etats-Unis

bathymétrique

milieu milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents divers	Reproduction sexuée	Exposition de gamétophytes mâles et femelles à différentes concentrations de l'effluent pendant 2 jours suivie d'une période de développement de 5 à 7 jours Mesure de la reproduction : comptage du nombre de cystocarpes/gamétophyte femelle

Principaux résultats : Les résultats de ce test sont similaires à ceux obtenus par des tests de toxicité portant sur des animaux. Cette méthode très sensible est bien développée et utilisée par l'EPA (Environmental Protection Agency) aux Etats-Unis pour tester la toxicité de nombreux effluents.

Références bibliographiques :

Hughes J.S., 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1863: 169-174

Mots clés: Enteromorpha - croissance - photosynthèse

Groupe **Macroalgues** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Enteromorpha intestinalis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Angleterre)

bathymétrique

milieu milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Différentes concentrations de Cu, choc thermique	Croissance, activité photosynthétique à différentes concentrations de Cu Synthèse de protéines de stress (HSPs) à différentes concentrations de Cu avec choc thermique	Mesures de la croissance : longueur des sections de thalle, de la photosynthèse : paramètre Fv/Fm, protéïnes de stress : densitomètre

Principaux résultats :

Les tests montrent une inhibition de la croissance au bout de 5 jours pour une concentration en Cu de 50 micro-gramme, mais aucune réduction de la photosynthése. L'expression d'HSP 70 ne varie pas avec les chocs thermiques.
Les résultats montrent que la croissance, simple et rapide à mesurer, s'avère un biomarqueur utile de l'exposition au Cu.

Références bibliographiques :

Lewis S. et al., 1998. Mar. Environ. Res., 46(1-5): 421-424

Caractère opérationnel du groupe: MACROALGUES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	3	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	3	Les Fucales vivaces (Cystoseira, Fucus, Ascophyllum etc.) Les Ulvales (Ulva, Enteromorpha)	
	Participation à un (des) indice(s) ☑		IP (Belsher)	
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	5		
	inorganiques:	3	Métaux lourds, radio-éléments	
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	4	HSP 70	
	physiologiques:	3	Activité photosynthétique	
	morphologiques:	3	Croissance, nécroses du thalle	
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		1	Nombre de cystocarpes par gamétophyte femelle chez Champia parvula	

Synthèse critique du groupe : MACROALGUES

Points forts :

Les algues sont des organismes fixés qui intégrent sur toute la durée de leur vie la qualité moyenne des eaux qui les baignent. Certaines espèces apparaissent très tolérantes et dominent dans les milieux pollués (les Ulvales et certaines Rhodophyceae), alors que d'autres sensibles disparaissent (les Fucales vivaces en particulier).
Leur capacité d'accumulation des contaminants est élevée en particulier pour les algues brunes (Fucales) chez lesquelles les concentrations sont souvent corrélées au niveau de contamination générale du milieu. Elles permettent ainsi le suivi de la contamination du milieu par les métaux lourds et les éléments radioactifs.

Limites:

Pour les études de peuplements, de nombreuses espèces ne sont pas identifiables sur le terrain et nécessitent des connaissances taxonomiques pointues pour leur détermination en laboratoire.
L'accumulation des contaminants par les algues permet d'obtenir une tendance générale spatiale et temporelle de la qualité du milieu. Elle ne permet donc pas toujours une corrélation avec les dosages effectués dans l'eau qui fournissent des concentrations instantanées, variables d'un moment à un autre.
L'accumulation est très variable selon les saisons qui influent sur le métabolisme des algues.

Commentaires:

L'intérêt des peuplements de macroalgues comme intégrateurs de nombreux paramètres de la qualité de l'eau justifie la recherche et la construction d'outils dans le cadre d'une surveillance de routine à l'échelle d'un vaste littoral.

La simplification structurale des peuplements de milieux pollués observée dans les études écologiques permet d'envisager l'étude de ce degré d'altération pour la caractérisation de la qualité du milieu. Quelques voies de recherche sont envisageables et prometteuses : le suivi de la stratification des peuplements algaux en fonction du degré de perturbation, l'inventaire des peuplements d'un étage littoral donné pour un classement en catégories diversement altérées le long d'un littoral. Ces approches permettent de s'affranchir d'une détermination exhaustive des espèces formant les peuplements, d'acquérir rapidement des données (puisque seuls les taxons dominants ou leur appartenance à une strate sont pris en compte) et d'envisager la mise au point d'un outil généralisable à différentes façades maritimes.

La capacité d'accumulation des macroalgues s'avère un bon outil de suivi de contaminants identifiés dans le milieu. Les concentrations des macroalgues en métaux lourds et radioélèments sont souvent bien corrélées à celle des sédiments et reflétent bien la contamination du milieu.

Des études de toxicité du type de celles menées en routine par l'EPA (Environmental Protection Agency) aux Etats-Unis dans les estuaires pourraient être développées dans d'autres régions et pour d'autres espèces.

Cahier N° : 2

PHANEROGAMES

Description :

Végétaux - Phanérogames - Benthiques

Photo ci-contre :

Posidonia oceanica forme en Méditerranée des peuplements denses appelés herbiers sur substrats meubles et rocheux dans tout l'infralittoral.
(Ph. P. Francour).

Distribution

géographique	Très large distribution
bathymétrique	Médiolittoral et infralittoral
milieu(x) occupé(s)	Substrats meubles et rocheux Littoraux, étangs, estuaires

Biologie

nutrition	Photoautotrophe
reproduction	Reproduction séxuée, bouturage
durée de vie	Vivace

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

Réseau de Surveillance Posidonie (Méditerranée française)

Mots clés: Posidonia oceanica - répartition - limite inférieure - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Italie)

bathymétrique Etage infralitorral

milieu Substrats meubles et substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Aménagements du littoral, rejets d'eaux usées, turbidité des eaux	Surfaces d'occupation et limites inférieures des herbiers	Cartographies et balisages

Principaux résultats :

Les surfaces d'occupation des herbiers ont régressé sur l'ensemble du littoral méditerranéen avec l'intensification des activités humaines le long de côtes.
La profondeur atteinte par les herbiers est fortement diminuée par la turbidité des eaux. Elle passe de 35 à 40 mètres dans les zones d'eaux claires, à 9 à 15 m dans les zones soumises à des apports importants en matières en suspension.
Les limites inférieures des herbiers en milieux perturbés, présentent des formes régressives caractérisées par une augmentation de la surface de la matte morte.

Références bibliographiques :

Astier J.M., 1984. GIS Posidonie publ., 1: 255-259
Augier H., 1985. Vie marine, 7: 85-113
Harmelin J.G., 1977. Trav. sci. Parc nat. Port-Cros, 3: 210-211
Meinesz A. et al., 1991. Mar. Pollut. Bull., 23: 343-347
Meinesz A. et al., 1985. Coll. fr.-japon. Océanogr., Marseille, 16-21 sept., 1: 133-142
Meinesz A., Laurent R., 1982. Ann. Inst. Océanogr., 58(1): 103-112
Meinesz A. et al., 1981. Vie et milieu, 31(1): 27-34
Meinesz A., Laurent R., 1978. Botanica Marina, 21: 513-526
Peirano A., Bianchi N.C., 1995. Proceedings of the 30th European Marine Biological Symposium, Southampton, UK.
Peres J.M., Picard J., 1975. Aquatic Botany, 1: 133-139
Pergent G. et al., 1995. Mésogée, 54: 3-27
Pergent-Martini C., 1993, Okéanos. Colloq."Pour qui la Méditerranée au 21ème siècle", Montpellier, 22-23 avril, 207-212
Pergent G. et al., 1988. DETSE et GIS Posidonie, 1-107

Mots clés: Posidonia oceanica - structure des herbiers - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Espagne, Italie)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu Substrats meubles et substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet d'eaux usées, aménagements littoraux, activités portuaires, fermes aquacoles, engins de pêche, mouillages forains	Structure des herbiers : densité, recouvrement, déchaussement des rhizomes	Nombre de faisceaux par mètre carré Pourcentage de couverture du substrat par les frondaisons Distance entre le point végétatif de la plante et la surface du sédiment

Principaux résultats :

La densité et le recouvrement diminuent dans les secteurs soumis à un impact direct (chalutage, ancrage) ou indirect (augmentation de la turbidité des eaux) des activités humaines.
Des modifications de la courantologie et de la sédimentation par certains aménagements littoraux sont à l'origine du déchaussement des rhizomes dans les herbiers. Le déchaussement des rhizomes fragilise les herbiers qui sont alors plus sensibles à d'autres impacts comme le mouillage forain.
L'interprétation de ces paramétres doit cependant tenir compte de leur variabilité selon certains facteurs environnementaux tels que la profondeur, le substrat (pour la densité), les saisons (pour le recouvrement), les conditions météorologiques (pour le déchaussement).

Références bibliographiques :

Augier H., Boudouresque C.F., 1970. Bull.Mus. Hist nat. ì Marseille, 30: 145-164
Augier H., 1985. Vie marine, 7: 85-113
Delgado O. et al., 1999. Oceanologica Acta, 22(1): 109-117
Delgado O. et al., 1997. Oceanologica Acta, 20(3): 557-563
Francour P. et al., 1999. Aquat. Conserv. (in press)
Francour P. et al., 1997. GIS Posidonie publ., 1-19.
Pergent G. et al., 1999. Oceanologica Acta, 22(1): 95-107
Pergent G. et al., 1995. Mésogée, 54: 3-27
Pergent-Martini C., 1993, Okéanos. Colloq."Pour qui la Méditerranée au 21ème siècle", Montpellier, 22-23 avril, 207-212
Pergent G. et al., 1988. DETSE et GIS Posidonie, 1-107

Mots clés: Posidonia oceanica - biométrie foliaire - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Espagne, Italie)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu Substrats meubles et substrat durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains, fermes aquacoles Apports artificiels en nutriments (N,P,K)	Surface foliaire, LAI (Leaf Area Index), coefficient A, production de feuilles et taux de croissance des rhizomes	Surface foliaire par faisceau Surface foliaire par métre carré d'herbier Pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex Lépidochronologie

Principaux résultats :

Dans les zones enrichies en nutriments, les surfaces foliaires diminuent au profit de la croissance de la couverture épiphytique (flore et faune). Les feuilles reçoivent alors moins de lumière. Les expériences de fertilisations artificielles dans des milieux oligotrophes montrent que cette compétition plante-épiphytes peut entraîner la mortalité des faisceaux foliaires.
D'autre part, une augmentation du coefficient A (%de feuilles ayant perdu leur apex) est observé dans les sites enrichis en matière organique. La pression de la prédation y est supérieure sur les feuilles de Posidonia et il semble exister un lien entre cet enrichissement en matière organique et une concentration plus importante en organismes brouteurs.
Les taux de croissance des rhizomes sont plus faibles dans ces milieux où il y a une importante sédimentation liée aux apports de matières solides.
L'étude des paramétres liés à la biométrie foliaire doit tenir compte de leurs importantes variations saisonnières.

Références bibliographiques :

Delgado O. et al., 1997. Oceanologica Acta, 20(3): 557-563
Pergent G. et al., 1999. Oceanologica Acta, 22(1): 95-10
Pergent G. et al., 1988. DETSE et GIS Posidonie, 1-107
Pergent G. et al., 1995. Mésogée, 54: 3-27
Pergent-Martini C. et al., 1995. Mar. Life, 5(2): 3-9
Pergent-Martini C., 1993, Okéanos. Colloq."Pour qui la Méditerranée au 21ème siècle", Montpellier, 22-23 avril, 207-212

Mots clés: Zostera - répartition - atlantique

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Zostera marina, Zostera noltii*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Pays-Bas), Atlantique (Etats-Unis)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Baies, estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rivières polluées, dragages, aménagements littoraux	Distribution et répartition bathymétrique des herbiers, coefficient d'atténuation de la lumière (k)	Cartographie Disque de Secchi

Principaux résultats :

Depuis les années 1930, les suivis des herbiers à Zostera spp. montrent la disparition progressive de ces phanérogames principalement depuis le milieu des années 1960. Ce déclin est observé en même temps qu'une importante augmentation de la turbidité des eaux (accroissement du coefficient k) et qu'un enrichissement des eaux en nutriments.
L'eutrophisation du milieu peut provoquer des proliférations d'algues vertes qui étouffent les herbiers. Ceux-ci régressent alors considérablement et n'occupent plus que des zones très réduites.

Références bibliographiques :

Den Hartog C., Polderman P.J.G., 1975. Aquat. Bot., 1: 141-147
Dennison W.C. et al., 1993. BioScience, 43(2): 86-94
Giesen W.B.J.T. et al., 1990. Aquat. Bot., 37: 71-85
Orth R.J., Moore K.A., 1984. Estuaries, 7(4B): 531-540

Mots clés: Zostera capricorni - limite inférieure - pacifique

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Zostera capricorni*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Australie)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Baies, estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Apports terrigènes de trois rivières	Position des limites inférieures des herbiers, paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau	Transects

Principaux résultats :

Un fort gradient dans la qualité de l'eau et la profondeur de distribution des herbiers, est observé en fonction de la distance aux rejets.
Les valeurs les plus élevées du coefficient d'atténuation de la lumière, de la concentration en chlorophylle a, de la quantité de matière en suspension, de la concentration en nutriments de la colonne d'eau sont fortement corrélées aux plus faibles profondeurs de répartition de Z. capricorni.
Les herbiers ont totalement disparu au bout de 5 ans dans la zone la plus turbide, au débouché d'une rivière dont le bassin hydrographique a fait l'objet de nombreux aménagements.

Références bibliographiques :

Abal E.G., Dennison W.C., 1996. Mar. Freshwater Res., 47: 763-771
Kirkman H., 1978. Aquatic Botany, 5: 63-76
Walker D.I., Mc Comb A.J., 1992. Mar. Pollut. Bull., 25(5-8): 191-195
West R.J., 1983. Wetlands, 3: 34-44

Mots clés: Posidonia - répartition - structure - pacifique

Groupe **Phanérogames** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia australis, Posidonia sinuosa*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique et Océan Indien (Australie)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Baies, détroits, ports

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Aménagements littoraux, dragages, rejets de boues (traitement des eaux usées), effluents industriels, activités portuaires	Surfaces d'occupation des herbiers Biomasse foliaire Densité foliaire Biomasse des épiphytes	Cartographie Quadrats

Principaux résultats :

Les suivis à long terme montrent une diminution progressive de l'aire de répartition des herbiers. Les modifications de l'hydrodynamisme local par des aménagements littoraux provoquent une érosion des herbiers et leur détérioration.
L'enrichissement en nutriments du milieu par les rejets a pour conséquence un développement important des épiphytes sur les feuilles des phanérogames. On observe alors de faibles valeurs de biomasse et de densité foliaire. La croissance des épiphytes qui réduit considérablement la quantité de lumière arrivant aux feuilles, apparait comme la cause principale du déclin des herbiers. Les herbiers affaiblis semblent alors d'autant plus vulnérables au broutage par les herbivores.

Références bibliographiques :

Cambridge M.L., 1975. Aquat. Bot., 1: 149-161
Cambridge M.L., Mc Comb A.J., 1984. Aquat. Bot., 20: 229-243
Cambridge M.L. et al., 1986. Aquat. Bot., 24: 269-285
Larkum A.W.D., West R.J., 1990. Aquat. Bot., 37: 55-70
Neverauskas V.P., 1987. Mar. Pollut. Bull., 18(4): 158-164
Silberstein K. et al., 1986. Aquat. Bot., 24: 355-371
Walker D.I., Mc Comb A.J., 1992. Mar. Pollut. Bull., 25(5-8): 191-195

Mots clés: Posidonia oceanica - métaux - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Italie, Grèce)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu milieu naturel, milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : effluents urbains, effluents industriels, activités portuaires Contaminations artificielles	Concentrations en métaux lourds : Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Fe, Ti	SAA flamme, SEA (ICPS) Dosages dans différentes parties de la plante (feuilles,rhizomes, racines) Lépidochronologie Activation neutronique

Principaux résultats :

Les concentrations en métaux chez Posidonia oceanica traduisent en général le niveau de contamination des sites étudiés.
De nombreuses études concernent le Hg, pour lequel Posidonia oceanica présente de forts taux de concentration. Les concentrations sont corrélées à la contamination des sédiments et l'absorption semble s'effectuer préférentiellement au niveau des rhizomes et des racines.
Les études sur le Cd montrent une accumulation temporaire de cet élément et la possibilité d'un phénomène actif.
Les concentrations des métaux dans Posidonia varient selon (i) le métal considéré, (ii) les parties de la plante analysées, (iii) la saison de prélèvement qui influence les concentrations en métaux dans les feuilles.
Des études réalisées sur plusieurs métaux (Hg, Cd, Zn, Cu, Pb, Fe) montrent que l'utilisation de la lépidochronologie permet le suivi temporel, sur plusieurs années, de la contamination du milieu.

Références bibliographiques :

Augier H., 1985. Vie marine, 7: 85-113
Augier H. et al., 1984. GIS Posidonie publ., 1: 399-406
Augier H. et al., 1980. Prog. Wat. Tech., 12(1): 97-108
Augier H. et al., 1991. Mar. Biol., 109: 345-353
Catsiki V.A., Panayotidis P., 1993. Chemosphere, 26(5): 963-978
Costantini S. et al., 1991. Mar. Pollut. Bull., 22(7): 362-363
Ferrara R. et al., 1989. Toxicol. Environ. Chem., 22(1-4): 131-134
Grauby A.et al., 1991. Environ. Exp. Bot., 31(3): 255-265
Ledent G. et al., 1993. GIS Posidonie publ., 249-251
Maserti B.E. et al., 1988. Mar. Pollut. Bull., 19(8): 381-382
Pergent G. et al., 1995. Mésogée, 54: 3-27
Pergent-Martini C., 1998. Mar. Environ. Res., 45(2): 101-111
Pergent-Martini C. et al., 1993. GIS Posidonie publ., 105-120

Mots clés: Posidonia oceanica - radioactivité - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu substrats meubles et substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Accident nucléaire (Chernobyl)	Concentrations de radionucléides : Ru, Ag, Cs, Ce	Spectrométrie gamma Dosages dans différentes parties de la plante (feuilles, rhizomes) Lépidochronologie

Principaux résultats :

La présence d'éléments radioactifs en méditerranée à la suite de l'accident sont immédiatement détectés dans la Phanérogame. Les concentrations en radionucléides varient selon les parties de la plante avec une plus forte accumulation dans les feuilles adultes. Par leur renouvellement saisonnier et leur capacité d'accumulation, les feuilles fournissent un outil efficace de détection d'évènements radioactifs.
Les rhizomes et les écailles intègrent des concentrations sur de longues durées (plus de 10 ans), en particulier pour les éléments à longue durée de vie comme le césium 137. L'utilisation de la lépidochronologie permet de dater et de suivre les contaminations dans le temps.

Références bibliographiques :

Calmet D. et al., 1991. J. Environ. Radioactivity, 13: 157-173
Calmet D. et al., 1988. Aquat. Bot., 30: 279-294

Mots clés: Posidinia oceanica - détergents - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu milieu naturel et milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les détergents	Concentrations en tensio-actif anionique (acide dobanique) et borate	Chromatographie liquide haute pression et curcumine Dosage dans les feuilles de Posidonia, l'eau et le sédiment

Principaux résultats :

Les résultats en milieu naturel à proximité de rejets urbains et en milieu expérimental montrent un transfert important des contaminants de l'eau vers le sédiment et les feuilles de Posidonia. Les deux substances dosées s'adsorbent à la surface des tissus avant d'y pénétrer.
D'importants taux de concentration sont enregistrés dans les feuilles soumises à des doses croissantes de contaminants.
Les études in vitro montrent qu'une fraction de ces contaminants n'est jamais dégradée, contribuant à l'élévation du niveau général de la pollution dans le milieu marin.

Références bibliographiques :

Augier H. et al., 1987. Rev. Int. Océanogr. Méd., 86/87: 75-81
Augier H. et al., 1984. Gis Posidonie publ., 1: 407-418
Monnier-Besombes G., 1983. Thèse Doct. 3ème cycle Ecol., Aix-Marseille II, 1-162

Mots clés: Posidonia - métaux - océan indien

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia australis, Posidonia sinuosa*

Localisation d'étude :

géographique Océan indien (Australie)

bathymétrique Zone subtidale

milieu substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : activités industrielles (fonderies), activités portuaires	Concentrations de Cd, Pb, Zn, Cu, Mn, Fe, Ni	SAA flamme, EDTA, fluorescence X Dosages dans les feuilles, les racines, les épibiontes, les sédiments

Principaux résultats :

Observation d'un fort gradient de la contamination des feuilles par le Cd, Mn, Pb et Zn en fonction de la distance au rejet.
Les concentrations en Cd, Zn et Pb des feuilles sont fortement corrélées à celles mesurées dans les sédiments superficiels.
Les feuilles ont un pouvoir d'accumulation plus élevé que les racines. L'accumulation des métaux par les feuilles varient selon leur âge et la saison.

Références bibliographiques :

Tiller K.G. et al., 1989. Estuar. Coast. Shelf Sci., 28(5): 473-493
Ward T.J., 1987. Mar. Biol., 95: 315-321
Ward T.J. et al., 1986. Aust. J. Freshwat. Res., 37: 567-585

Mots clés: Zostera marina - métaux - mer du nord

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Zostera marina*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Danemark)

bathymétrique Zone subtidale

milieu baies, fjords

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : effluents urbains, effluents industriels	Concentrations Pb, Cu, Cd, Zn, Fe, Mn	SAA, SAA flamme Dosages dans les parties inférieures (rhizomes, racines) et supérieures (feuilles, pétioles) de la plante et dans les sédiments

Principaux résultats :

les concentrations en métaux dans Zostera marina augmentent de manière significative dans les zones fortement contaminées. Il existe une corrélation positive entre les concentrations de Hg, Pb, Cd, Zn, Cu des feuilles et des rhizomes-racines de Zostera et celles des sédiments.
L'accumulation des métaux dans la plante varie selon :
(i) l'age des feuilles (concentrations plus élevées dans les feuilles âgées sauf pour le Cu)
(ii) la partie de la plante analysée (concentrations plus fortes dans les parties supérieures)
(iii) la fraction analysée dans chacune des parties.
Les concentrations des métaux dans les parties supérieures et inférieures de la plante fournissent une mesure de la fraction disponible de ces métaux à la fois dans l'eau ambiante et interstitielle des sédiments.

Références bibliographiques :

Brix H. et al., 1983. Mar. Environ. Res., 8: 165-181
Brix H., Lyngby J.E., 1983. Estuar. Coast. Shelf Sci., 16: 455-467
Lyngby J.E., Brix H., 1987. Sci. Total Environ., 64: 239-252
Williams T.P. et al., 1994. Mar. Pollut. Bull., 28(5): 277-290

Mots clés: Thalassia testudinum - métaux - atlantique

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Thalassia testudinum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Vénézuela)

bathymétrique Infralittoral

milieu Baies

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le mercure : activités industrielles (complexe pétrochimique)	Concentration en Hg	SAA vapeur froide Dosages dans la plante (rhizomes, feuilles), l'eau et les sédiments

Principaux résultats :

Les sédiments et les phanérogames présentent des concentrations élevées de Hg dans les sites pollués alors que les teneurs des eaux environnantes sont faibles.
L'accumulation du Hg dans la plante est plus importante dans les rhizomes que dans les feuilles.

Références bibliographiques :

Pérez D., 1994. Bulletin of Marine Science, 56(2): 707-710

Mots clés: Thalassia testudinum - TBT - atlantique

Groupe **Phanérogames** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Thalassia testudinum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Etats -Unis)

bathymétrique Infralittoral

milieu milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT	Concentrations en TBT dans la plante, le sédiment et l'eau	Chromatographie gazeuse, chromatographie couche mince

Principaux résultats :

Le TBT est rapidement éliminés de la colonne d'eau essentiellement par adsorption dans le sédiment et les feuilles des phanérogames.
L'accumulation du TBT dans les phanérogames et le sédiment est temporaire. Le TBT est dégradés puis relargué sous forme de composés moins toxiques et plus solubles (MBT).
Les herbiers de phanérogames apparaissent comme (i) un lieu de concentration des TBT, (ii) le siége des mécanismes de dégradation du TBT en composés moins toxiques, (iii) le vecteur de distribution du TBT dans la chaîne alimentaire.

Références bibliographiques :

Levine S.N. et al., 1990. Mar. Environ. Res., 30: 297-322

Mots clés: Posidonia oceanica - croissance - détergents - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditérranée (France)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu Milieu naturel et milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les détergents	Croissance des feuilles	Mesures de la longueur des feuilles de plants cultivés à différentes concentrations de contaminants

Principaux résultats :

Les feuilles soumises à des concentrations croissantes de contaminants présentent un ralentissement de la croissance jusqu'à son inhibition.
Des lésions histologiques sont observées, déformation et flétrissement, pouvant aller jusquà la nécrose des feuilles.
Les premiers effets négatifs semblent apparaitre pour des concentrations semblables à celles enregistrées à proximité des rejets urbains en mer.

Références bibliographiques :

Augier H. et al., 1987. Rev. Int. Océanogr. Méd., 86/87: 75-81
Augier H. et al., 1984. Gis Posidonie publ., 1: 407-418
Monnier-Besombes G., 1983. Thèse Doct. 3ème cycle, Aix-Marseille II, 1-162.

Mots clés: Posidonia oceanica - pigments - méditerranée

Groupe **Phanérogames** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique Infralittoral

milieu Substrat meuble et substrat dur

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent urbain, activitées portuaires et industrielles	Teneurs en pigments photosynthétiques des feuilles	Spectrométrie

Principaux résultats :

Les résultats montrent que les concentrations en chlorophylles totales, xanthophylles totales et caroténoïdes totaux ont tendance à diminuer dans les zones polluées.
Le rapport pigmentaire RP (chlorophylles/xantophylles+caroténoïdes) suit le gradient de pollution avec les valeurs les plus fortes dans les zones les plus polluées et les plus faibles dans les zones peu ou pas polluées.
L'utilisation de ce rapport pour la caractérisation de la qualité du milieu doit tenir compte de ses variations en fonction de la profondeur, du stade de croissance des feuilles et de leur rang dans le faisceau.

Références bibliographiques :

Augier H., 1985. Vie Marine, 7: 85-113
Augier H., Maudinas B., 1979. Oecol. Plant., 14(2): 169-176
Augier H., Maudinas B., 1977. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, 3: 39-55

Mots clés: Posidonia - croissance - photosynthèse - eutrophisation

Groupe **Phanérogames** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica, Posidonia australis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Espagne, France), Océan indien (Australie)

bathymétrique Etage infralittoral

milieu naturel et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent urbain, ferme aquacole, enrichissement artificiel en nutiments	Croissance Activité photosynthétique	Poids sec, longueur des feuilles Production d'oxygène

Principaux résultats :

La comparaison de sites pollués et non pollués montrent une croissance et une activité photosynthétique plus faibles chez les phanérogames des milieux pollués.
On observe une biomasse épiphytique sur les feuilles de Posidonia spp. bien plus élevée dans les zones polluées. L'enrichissement en nutriments de ces zones est à l'origine de ces croissances importantes, elles même responsables des altérations observées sur les phanérogames. Les études australiennes montrent que la réduction de la lumière arrivant aux feuilles due à la masse des épiphytes est bien supérieure dans les zones polluées. L'activité photosynthétique, quelque soit l'intensité de la lumière, est alors fortement diminuée.

Références bibliographiques :

Delgado O. et al., 1999. Oceanologica Acta, 22(1): 109-117
Pergent-martini et al., 1995. Mar. Life, 5(2): 3-9
Siberstein K. et al., 1986. Aquat. Bot., 24: 355-371

Mots clés: Posidonia oceanica - activités enzymatiques - cadmium

Groupe **Phanérogames** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Posidonia oceanica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique Infralittoral

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination au cadmium	Teneur en TBARS Cytochrome P450 (EROD) glutathion S-transferase (GST)	Dosages dans les écailles des rhizomes par spectrométrie Activités enzymatiques

Principaux résultats :

Les teneurs de TBARS diminuent pour des doses croissantes de Cd.
Les résultats de l'activité EROD sont difficilement interprétables et varient selon le site de prélèvement.
Les résultats sur l'activité GST suggérent que le Cd a une effet direct sur cette activité enzymatique par stimulation de la fonction catalytique des enzymes.
L'étude des phénoménes d'inhibition ou de stimulation des activités enzymatiques chez P. oceanica pourrait être envisagée pour le suivi de la pollution en milieu marin.

Références bibliographiques :

Hamoutene D. et al., 1996. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 56:327-334
Hamoutene D. et al., 1995. Mar. Environ. Res., 39(1-4): 249-253

Caractère opérationnel du groupe: PHANEROGAMES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	2	abondance	☑
		richesse spécifique	☐
d'un ou plusieurs taxons :	1	Posidonia oceanica	
Participation à un (des) indice(s)	☑	Densité des faisceaux, SF, LAI, coef. A chez Posidonia oceanica	

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	4	Détergents
inorganiques:	3	Métaux lourds, radionucléides
organométalliques:	4	TBT

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	4	Cytochrome P-450 (EROD), GST
physiologiques:	3	Croissance, photosynthèse
morphologiques:	5	
comportementaux:	6	NP

Existence de Biotests

5

Synthèse critique du groupe : PHANEROGAMES

Points forts :

Les herbiers de phanérogames sont de puissants intégrateurs de la qualité générale des eaux littorales, à laquelle ils sont particulièrement sensibles.
Fixés sur le fond, ils rendent compte par leur présence, leur structure et leur vitalité de l'état du milieu qui les baigne. De nombreux descripteurs existent et permettent de caractériser la santé des herbiers et d'évaluer l'impact de différentes perturbations.
Les phanérogames présentent un fort pouvoir de concentration des contaminants et permettent le suivi de leur distribution dans le milieu marin. L'utilisation de lépidochronologie chez Posidonia oceanica en Méditerranée a révélé le rôle de véritable enregistreur biologique de cette espèce, capable de mémoriser les teneurs en contaminants sur plusieurs décennies.

Limites:

L'étude de la contamination des phanérogames doit tenir compte des variations de l'accumulation des contaminants selon (i) les parties de la plante, (ii) l'âge du tissu considéré, (iii) les conditions physico-chimiques du milieu, (iv)la saison de prélèvement. La concentration des polluants dans les plantes donne une image générale de la contamination du milieu et l'interprétation des résultats souffre du manque de connaissances des mécanismes d'accumulation des polluants.

Commentaires:

L'emploi des phanérogames comme outil de suivi écologique en routine existe déjà en Méditerranée avec Posidonia oceanica dans le Réseau de Surveillance Posidonie. Si de nombreux descripteurs utilisés dans ce réseau sont opérationnels, certains demandent à être standardisés par des recherches complémentaires (recouvrement, couverture épiphytique).
La mise en place d'un tel outil monospécifique sur d'autres façades maritimes où les phanérogames ne présentent pas des répartitions telles que P. oceanica en Méditerranée nécessite une vérification préalable de leur répartition sur ces façades maritimes. L'importance écologique des phanérogames dans les milieux littoraux permet de les considérer comme un compartiment à intégrer dans un réseau de surveillance.

Cahier N° : 3

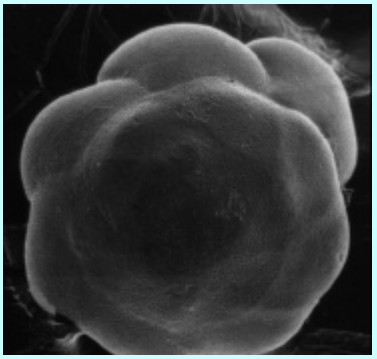
FORAMINIFERES

Description :

Protozoaires à test minéral - Benthiques

Photo ci-contre :

Ammonia tepida est une espèce cosmopolite possédant un test calcaire. La déformation de ce test est utilisée comme indicateur de stress environnemental (Ph. J.P. Debenay).



Distribution

géographique	Très large répartition
bathymétrique	Des zones supratidales jusqu'aux abysses
milieu(x) occupé(s)	Tous substrats des environnements marins, côtiers, d'estuaires, de lagunes et de lacs salés

Biologie

nutrition	Variable selon l'espèce (herbivore, détritivore, carnivore, etc.)
reproduction	Alternance de reproduction sexuée et asexuée
durée de vie	Variable selon l'espèce, de 1 semaine à 2 ans

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☐
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: peuplements - hydrocarbures - métaux lourds

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements de foraminifères*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée et Mer Caspienne

bathymétrique 0 - 50 m

milieu Mer dessalée, lagune et Baie

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les hydrocarbures et les métaux lourds.	Abondance et diversité spécifique. Taille des individus.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats :

L'abondance et la diversité diminuent considérablement dans les zones polluées.

En Méditerranée, la taille des individus et la richesse spécifique sont plus faibles sur les sites enrichis en Cr, Ni, Zn, Pb et As. L'espèce méditerranéenne, Cribroelphidium translucens, se développe pour devenir dominante sur ces sites.

Références bibliographiques :

Mayer E.M., 1980. Ph.D. thesis, Moscow University, 225 p.
Yanko V. & Flexer A., 1991. In "Third Annual Symposium on the Mediterranean margin of Israel, Abstracts Volume : 5.
Coccioni R. et al., 1997. In "First International Conference Applications of Micropaleontology in Environmental Sciences", Abstracts Volume : 47-48.

Mots clés: peuplements - effluent domestique - matière organique

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Foraminifères agglutinés*

Localisation d'étude :

géographique Cosmopolite

bathymétrique 0 - 200 m

milieu Estuaires et plateau continental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Arrivées d'égoûts domestiques et de rejets d'aquaculture.	Taille et abondance des individus et diversité des assemblages.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats : Les effluents domestiques riches en matière organique provoquent un accroissement de la taille et du nombre des individus qui vivent à proximité. Ils peuvent également provoquer une augmentation de la diversité spécifique. Toutefois, une zone azoïque peut se former à proximité immédiate de l'émissaire.

Références bibliographiques :

Bandy O.L. et al., 1964. Limnol. Oceanogr. 9 : 112-123.
De Casamajor M.N. & Debenay J.P., 1995. In "Colloque International Marqueurs Biologiques de Pollution", Abstract Volume : 371-377.
Schafer C.T. et al., 1991. Mar. Micropaleo. 17 : 255-283.
Watkins J. G., 1961. Micropaleontology 7 : 199-206.
Yanko V., 1994. Israeli Ministry of Science, Final Report 343294, 275 p.

Mots clés: peuplement - slikke - Zostera - Ulva - Enteromorpha

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Ammonia tepida, A. parkinsoniana, Haynesina germanica, Brizalina sp., Eggereloides scabrus, Sinuloculina dimidiata, Miliammina fusca, Cribroelphidium excavatum*

Localisation d'étude :

géographique: Côtes Atlantiques françaises

bathymétrique: 0 - 10 m

milieu: Estuaires, anses et baies

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Température, salinité, granulométrie du sédiment.	Etude des peuplements, dominance.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats :

- Ammonia tepida, Ammonia parkinsoniana, Haynesina germanica et Brizalina sp. se développent surtout sur la slikke des zones sous influence océanique modérée.
- Eggereloides scabrus se développe surtout à proximité des herbiers de zostères (Zostera noltii) sur la slikke dans les zones sous influence océanique forte à modérée.
- Sinuloculina dimidiata se développe surtout à proximité et en même temps que les algues vertes (Enteromorpha , Ulva) sur la slikke dans les zones sous influence océanique forte à modérée.
- Miliammina fusca est un excellent indicateur de la limite extrême de l'influence marine dans les estuaires et lagunes, indiquant la zone où l'influence continentale est prépondérante.
-Cribroelphidium excavatum devient dominant dans les zones soumises à de forts apports de contaminants (zones de carénage, stationnement de bateaux de pèche) de certains ports de la côte atlantique française (par exemple La Turballe, l'île d'Yeu).

Références bibliographiques :

Le Campion J., 1968. Bull. Cent. Etud. Rech. Sci. 7 (2) : 207-391.
Le Campion J., 1970. Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine 8 : 3-98.
Le Ribault L. & Villain J.M., 1979. C. R. 104e Congrès Nat. Soc. Savantes, Bordeaux, 3 : 51-62.
Murray J.W., 1968. Micropaleontolgy 14 (1) : 83-96.
Murray J.W., 1980. Devonshire Association 2 : 89-115.
Murray J.W., 1991. Ecology and paleoecology of benthic Foraminifera, 397 p.
Redois F., 1996. Thèse Univ. d'Angers, 139 p et 52 pl..
Redois F. & Debenay J.P., 1996. Revue de Paleobiologie 15 (1) : 243-260.
Redois F. et al., 1998. Proceedings of the meeting and Abstract with program, Forams'98 : 85p.
Debenay J.-P. et al., 1997. In "Coastal zone monitoring and medium to long tem forecasting", Abstracts Volume.
Debenay J.P. et al., 1998. Mar. Micropaleo. 35 (1-2) : 65-89
Debenay J.P. et al., sous presse. In: Environmental Micropaleontology, R. Martin (ed.)

Mots clés: Communautés - Confinement - Indice IC

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique

bathymétrique

milieu Paralique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Degré de confinement	Composition spécifique Indice de confinement	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage. Classification des espèces selon 3 degrés de confinement

Principaux résultats :

Une étude sur la rivière Casamance (Afrique occidentale) a permis de sélectionner les espèces indicatrices de chaque groupe de degré de confinement : (i) Elphidium fichtelianum, E. gunteri, Pararotalia sp., Bolovina striatula, Rosalina spp.) sont indicatrices d'une influence marine dans le milieu (groupe 1); (ii) Eggerelloides scabrum, Quinqueloculina poyana, Q. seminula, Haynesina germanica, Elphidium limosum, Bolivina variabilis, Ammonia spp. sont indicatrices d'un confinement modéré (groupe2); (iii) Ammobaculites exiguus, Ammotium salsum, Arenoparella mexicana, Gaudryina exilis, Haplophragmoides wilberti, Miliammina spp., Trochammina spp., Siphotrochamina lobata sont indicatrices d'un confinement élevé (groupe 3).
Un indice de confinement a été proposé à partir des pourcentages relatifs des trois groupes :
Ic = (C/(B+C) - A/(A+B) + 1)/2, où A, B et C sont les pourcentages relatifs des groupes 1, 2 et 3. Ic = 1 si A+B=0 dans les environnements très confinés et Ic = 0 si B+C=0 dans les environnements marins.
L'application de cet indice a été étendu à d'autres domaines paraliques sur les côtes africaines et brésiliennes.

Références bibliographiques :

Debenay JP., 1990. J. Foram. Res., 20(3):267-282
Debenay JP, 1995. Quaternary international, 29/30: 89-93
Debenay JP et al., 1993. C.R. Acad.Sc. Paris, 316 série II, 12: 1823-1830
Debenay JP et al., 1996. In Géologie de l'Afrique et l'Amérique du sud, Jardiné S., Klasz I., Debenay JP eds.
Debenay JP et al., 1997. Revue de Paléobiologie, 16(1): 55-75
Debenay JP et al., 1998. Marine micropaleontology, 35(1-2): 65-89
Debenay JP et al., 2000. In Environmental micropaleontology, Martin R. ed., Plenum Publishing Corporation

Mots clés: peuplement - association - métaux lourds

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Association à Eggerelloides scabrus*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège

bathymétrique 0 - 300 m

milieu Fjord

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds	Remplacement d'une association par une autre.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats : L'association à Eggerelloides scabrus remplace l'association à Verneuilina media dans les environnements très pollués par les métaux lourds.

Références bibliographiques :

Alve E., 1991. J. Foram. Res. 21 : 1-19.

Mots clés: Espèces indicatrices - estuaires - effluents - nutriments

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Elphidium excavatum, Eggerella advena, Eggerelloides scabrus*

Localisation d'étude :

géographique Aires tempérées

bathymétrique 0 - 50 m

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents contaminés.	Dominance de ces espèces.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats : Ces espèces sont généralement dominantes au voisinage des arrivées d'effluents. Cette prolifération semble due à l'augmentation des apports de nutriments par les effluents et à la diminution de la concurrence.

Références bibliographiques :

Alve E., 1993. J. Foram. Res. 25(3) : 190-203.

Mots clés: prolifération - lagune - pollution urbaine

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Elphidium pauciloculum*

Localisation d'étude :

géographique Lagune de Venise

bathymétrique 0 - 10 m

milieu lagune

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine.	Prolifération de cette espèce.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats : Les deux espèces dominantes de la lagune (Ammonia beccarii et Trochammina inflata) disparaissent au profit d'Elphidium pauciloculum dans les zones de fort impact urbain.

Références bibliographiques :

Albani A. et al., 1991. Revista Española de Micropaleontologia 23 : 29-45.

Mots clés: prolifération - matière organique - aires tropicales

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Arenoparrella mexicana, Haplophragmoides wilberti.*

Localisation d'étude :

géographique Aires tropicales (Afrique, Asie, Brésil, Nouvelle-Calédonie)

bathymétrique Supratidal à intertidal

milieu Estuaires et lagunes

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Enrichissement en matière organique.	Abondance totale, et abondance relative de ces espèces.	Collecte de sédiment superficiel, tamisage et comptage.

Principaux résultats : Ces espèces se développent dans les sédiments enrichis en matière organique, naturellement (débris végétaux) ou sous l'influence des activités anthropiques (effluents domestiques).

Références bibliographiques :

Debenay J.P. et al., sous presse. In "Environmental Micropaleontology, R. Martin (ed.).

Mots clés: association - profond - matière organique

Groupe **Foraminifères** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Bulimina exilis, Melonis barleeanum, Chilostomella spp.*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique N-E

bathymétrique 2000-2600

milieu Océanique benthique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Accumulation de matière organique.	Formation d'un assemblage spécifique.	Collecte de sédiment, lavage, comptages.

Principaux résultats : Une association particulière dominée par ces trois espèces se développe dans les environnements marqués par une forte productivité, et donc un fort apport de matière organique sur le fond océanique.

Références bibliographiques :

Caralp M.H., 1984. Oceanol. acta 7(4) : 509-515.

Mots clés: pollution - hypersalinité - malformation - test coquillé

Groupe **Foraminifères** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ammonia tepida*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique et Méditerranée

bathymétrique Supratidal à intertidal

milieu Milieux paraliques (baie, lagune, estuaire)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse et influence d'une hyper-salinité.	Anomalies morphologiques du test.	Collecte de tests malformés dans des sédiments superficiels Observation de la paroi au Microscope Electronique à Balayage

Principaux résultats :

De fortes proportions des tests malformés ont été observées : jusqu'à 43 % de tests anormaux.
La paroi des tests malformés peut présenter soit des désorganisations cristallines, soit des espaces vides (lacunes). Ces anomalies morphologiques sont dues aux stress environnementaux d'origine naturelle (hypersalinité pour ce cas) et/ou d'origine anthropique (par ex. effluents domestiques : matière organique + apports d'eau douce). La formation de ces anomalies texturales peut être provoquée soit par l'introduction d'éléments étrangers (ex. métaux) dans la maille cristalline, soit par la modification ou la production anormale de la membrane organique surlaquelle se fait la cristallisation. Cette modification peut être provoquée par la présence de substances toxiques (ex. TBT), mais aussi par des changements des conditions physico-chimiques du milieu.

Références bibliographiques :

Geslin E. et al., 1998. J. Foram. Res. 28(2) : 148-156.
Vénec-Peyré M.T., 1982. Thèse de Doctorat d'État, Paris VI. 217 p.
Geslin E. et al., sous press. In" Environmental Micropaleontology", R. Martin (ed.).
Stouff V. et al., 1999. J. Foram. Res. 29(2) : 60-78.
Boltovskoy E. et al., 1991. J. Paleo. 65(2) : 175-185.

Mots clés: hypersalinité - malformation - croissance

Groupe **Foraminifères** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ammonia tepida, Elphidium crispum*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Hypersalinité (40-50 ‰).	Morphologie du test, croissance.	Observations au microscope électronique.

Principaux résultats :

La croissance est très ralentie. Des malformations des tests sont très fréquentes (50 %) au cours du développement ontogénique. Elles portent sur :
- la taille ou la forme anormales des premières loges,
- la formation de tests doubles,
- la modification du plan d'enroulement des loges,
- la fusion de juvéniles.

Références bibliographiques :

Stouff V. et al., 1999. Mar. Micropaleo. 36(4) : 189-204.
Stouff V. et al., 1999. J. For. Res. 29(2).
Geslin E. et al., sous presse. In : "Environmental Micropaleontology, R. Martin (ed.).

Mots clés: hydrocarbures - croissance - reproduction

Groupe **Foraminifères** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ammonia beccarii, Allogromia laticollaris*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les hydrocarbures.	Croissance et reproduction	Observations au microscope électronique.

Principaux résultats : Une pollution par les produits pétroliers interrompt la croissance et la reproduction de ces deux espèces maintenues en élevage.

Références bibliographiques :

Whitcomb N.J., 1977. Master's Thesis, Duke University, USA.
Whitcomb N. J., 1978. In "91st Annual Meeting of GSA", Abstracts and Programs, 10 (7) : 515.

Mots clés: accumulation - métabolisme - défense

Groupe **Foraminifères** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Rotalia spinigera, Rosalina macropora*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par divers xénobiotiques.	Cytologiques et métaboliques.	Mesure de fluorescence de NAD réduit, fluorescence UV de protéines contenant du tryptophane, et coloration vitale utilisant l'acridine orange (AO).

Principaux résultats :

Ces expériences ont permis de mettre en évidence des mécanismes de défense contre les xénobiotiques :
•production d'un revêtement de mucopolysaccharides,
•accumulation intralysosomale de xénobiotiques (bioaccumulation),
•rôle de filtre joué par la membrane plasmique vis à vis de certains xénobiotiques anioniques,
•mise en évidence du rôle de péroxydases dans le métabolisme de certains xénobiotiques.

Références bibliographiques :

Bresler V. & Yanko V., 1994a. Six Annual Symp. on the Eastern Mediterranean Continental Margin of Israel, Abstracts Volume : 61-63.
Bresler V. & Yanko V., 1994b. In " FORAM`S 94 International Symposium on foraminifera", Abstracts Volume.
Bresler V. & Yanko V., 1995. J. Foram. Res. 25(3) : 267-279.

Caractère opérationnel du groupe: FORAMINIFERES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	2	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
d'un ou plusieurs taxons :	2	formes carbonatées et agglutinées des estuaires, lagunes et milieux côtiers	
Participation à un (des) indice(s) ☑		indice de “confinement”	

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	4	
inorganiques:	4	Cu, Zn, Cr dans le test
organométalliques:	4	

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	4	
physiologiques:	4	Fonction respiratoire des mitochondries et activités enzymatiques
morphologiques:	3	Déformation des tests au cours du développement ontogénique
comportementaux:	5	

Existence de Biotests

5

Synthèse critique du groupe : FORAMINIFERES

Points forts :

Les foraminifères sont présents en grande quantité dans la plupart des sédiments (jusqu'à 50 000 tests sur 100 cm2), fournissant ainsi une base statistique fiable, même pour un petit volume de sédiment. Un échantillon de seulement 50 cm3 de sédiment superficiel est amplement suffisant, ce qui est un précieux avantage par rapport aux animaux macroscopiques. Certaines espèces ont une répartition quasi universelle, ce qui autorise des études comparatives globales, impossibles avec la macrofaune. Ils ont un cycle de reproduction relativement court (quelques semaines à quelques mois selon les espèces) et réagissent rapidement aux changements des caractéristiques de l'environnement. De plus, leurs tests se conservent après la mort des cellules. Leur accumulation donne une image moyenne des conditions écologiques qui règnent sur les lieux de récolte en effaçant les variations de courte ou moyenne périodes telles que les cycles de marée et les cycles saisonniers. Elle permet également, lorqu'on l'étudie dans des petits sondages, de faire des reconstitutions d'évolutions géographiques et historiques, en particulier celle due à l'impact de l'activité humaine.

Limites:

Leur petite taille et la présence d'un test minéralisé fait que leur utilisation pour des recherches de biomarqueurs est relativement difficile. Des recherches complémentaires sont nécessaires dans ce domaine.

Commentaires:

Les foraminifères présentent un grand potentiel comme indicateurs biologiques dans les environnements côtiers, estuariens et lagunaires. Les peuplements de foraminifères sont maintenant bien connus, ainsi que leur comportement et que leurs réactions aux caractéristiques générales de l'environnement. Les études concernant leur utilisation comme bioindicateurs se sont développées rapidement depuis les années 80.
Leur taille, généralement comprise entre 0,05 et 0,5 mm permet une observation facile à la loupe binoculaire sans préparation spéciale.
Si la recherche de biomarqueur n'est pas encore suffisamment développée, leur utilisation comme bioindicateur est relativement bien maîtrisée. Un indice d'environnement (indice de "confinement") est même utilisé avec succès dans les environnements tropicaux. De plus, des études de peuplements ont été appliquées dans des ports français de la façade Atlantique, pour évaluer la toxicité des déblais de dragage.
Ce qui reste à développer actuellement et ce vers quoi devrait être orientée une grande partie des études des prochaines années est la calibration des différentes espèces bioindicatrices en fonction des types de contamination. Cela nécessitera des analyses in situ des contaminants dans les eaux et dans les sédiments et la réalisation d'élevages pour tester la réaction des espèces à des contaminants en milieu contrôlé.

Cahier N° : 4

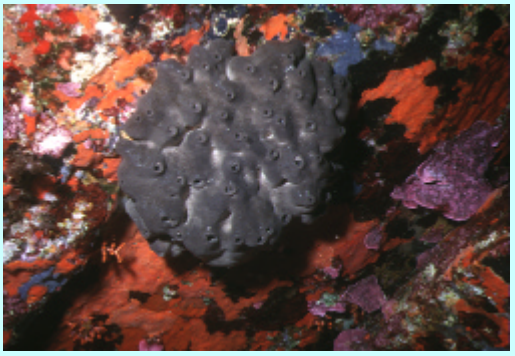
SPONGIAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés - Sessiles

Photo ci-contre :

Spongia officinalis est une des espèces méditerranéennes exploitées pour la production d'éponges de toilette. C'est une espèce utilisée pour l'évaluation de la qualité de l'environnement marin (Ph. J.G. Harmelin).



Distribution

géographique	Très large distribution. Présents dans tous les milieux aquatiques (océans, mers, étangs, lacs, fleuves et rivières)
bathymétrique	Très large répartition. Présents depuis la zone intertidale jusqu'aux abysses des océans
milieu(x) occupé(s)	Le plus souvent sur fonds rocheux, mais aussi parfois sur des fonds meubles (y compris sur de la vase)

Biologie

nutrition	Filtreurs actifs puissants
reproduction	Sexuée et asexuée
durée de vie	Estimation difficile. Variable selon les espèces, mais certaines peuvent vivre plusieurs dizaines d'années

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☑
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: peuplements - éponges - coraux

Groupe **Spongiaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *49 espèces différentes d'éponges (et 18 espèces de coraux)*

Localisation d'étude :

géographique: Colombie - Mer des Caraïbes

bathymétrique: 17-22 mètres

milieu: Récif corallien

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine. Impact d'une ville de 300000 habitants et de plusieurs aménagements : rejets en mer d'eaux usées non traitées, construction d'un port de plaisance…	Evolution dans le temps et dans l'espace de la structure et de la composition des peuplements coralliens.	Mesures du taux de recouvrement des substrats durs sur des quadrats de 150 cm², abondance de la faune et de la flore fixées sur des séries de transects de 20 m de long.

Principaux résultats : Aussi bien dans le temps que sur le gradient de pollution, l'augmentation de la sédimentation, les enrichissements en matière organique et en sels nutritifs entraînent une augmentation du nombre d'espèces d'éponges et de leur occupation des substrats durs, au détriment des populations de coraux.

Références bibliographiques :

Zea S., 1994. In : Sponges in Time and Space, van Soest, van Kempen & Braekman (eds) : 257-264.

Mots clés: peuplements - pollution - urbaine - industrielle - portuaire

Groupe **Spongiaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Peuplements de spongiaires (80 espèces différentes)*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée : Marseille et Algeçiras (Espagne)

bathymétrique: 5 à 30 mètres

milieu: Substrats rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution mixte : impact des eaux usées non traitées de la région marseillaise ; impact d'un port et d'un chantier naval dans la baie d'Algeçiras.	Evolution dans l'espace de la composition des peuplements de spongiaires.	Prélèvements et comptages sur des transects ou quadrats.

Principaux résultats :

Simplification de la structure taxonomique et spatiale des peuplements de spongiaires. Dominance d'espèces du fouling (salissures biologiques), opportunistes et résistantes à la pollution.
Parmi les espèces identifiées comme étant de potentiels bioindicateurs de pollution, deux se démarquent par leur abondance dans les deux sites étudiés : Cliona celata et Cliona viridis.

Références bibliographiques :

Muricy G., 1991. Vie et Milieu 41(4) : 205-221.
Carballo J.L. et al., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser. 135 : 109-122.

Mots clés: éponges perforantes - prolifération - matière organique

Groupe **Spongiaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Les Eponges cliones (éponges perforantes) : Cliona viridis, C. celata, C. delitrix, C. inconstans*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée (France et Espagne) - Océan Indien (Ile de la Réunion) - Mer des Caraïbes

bathymétrique: 5 à 30 mètres

milieu: Substrats durs (roches calcaires et récifs coralliens)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation. Enrichissement du milieu en sels nutritifs et matières organiques (proximité d'une zone urbaine, d'un port ou d'une ferme aquacole).	Présence / absence des espèces indicatrices parallèlement à la qualité de l'eau.	Comptages et prélèvements sur transects et quadrats.

Principaux résultats :

En Méditerranée les deux espèces de cliones, C. viridis et C. celata, sont des espèces dominantes dans les sites perturbées. De plus, ces deux espèces normalement perforantes, peuvent présenter des formes encroûtantes voire massives en milieu eutrophisé. Dans les Caraïbes, la proximité d'un élevage de canards engendre une pollution organique et bactérienne. On observe une prolifération de l'éponge C. delitrix au détriment des populations de coraux. Un indice de bioérosion des coraux par les cliones est déterminé et corrélé avec le gradient d'eutrophisation. Dans l'océan Indien, 60 à 80 % des substrats d'une zone coralliène enrichie en sels nutritifs sont couvert par C. inconstans.

Références bibliographiques :

Carballo J.L. et al., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser. 135 : 109-122.
Cuet P. et al., 1988. Proceedings of the 6th International Reef Symposium, Australia, 2 : 207-212.
Holmes K.E., 1996. Proceedings of the 8th International Reef Symposium, Panama , 2 : 1411-1416.
Muricy G., 1991. Vie et Milieu 41(4) : 205-221.
Rose C.S. & Risk M.J., 1985. Mar. Ecol. 6(4) : 345-363.
Verheij E. & Vacelet J., 1988. Rapport de stage (non publié).

Mots clés: accumulation - métaux lourds

Groupe **Spongiaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Spongia officinalis, Halichondria panicea, Ephydatia fluviatilis, Spirastrella cuspidifera, Prostylyssa foetida, Suberites domuncula, Reniera plana, (Cacospongia scalaris)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France et Croatie) - Mer du nord - Océan Indien - Canaux en Belgique

bathymétrique De la zone intertidale à 120 mètres suivant les espèces

milieu Substrats rocheux et substrats meubles (mer et eaux douces)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds.	Hg, Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Cr, V, Ti, As, Co, Se, Sn, Sr, Cs	Spectrométrie d'absorption atomique (SAA four et flamme), torche à plasma, fluorescence X.

Principaux résultats :

Dans tous les cas, il existe une forte accumulation des métaux lourds dans les tissus des éponges. Il existe des variations spécifiques des réponses aux gradients de pollution. Par exemple, S. officinalis ne répond pas aux variations de Mn et Ni, H. panicea ne répond pas aux variations de Cr. Certains éléments sont accumulés différemment dans les tissus et dans le squelette. L'éponge d'eau douce E. fluviatilis concentre de 1000 à 1 million de fois les métaux de l'eau environnante. Pour la Méditerranée, l'éponge commerciale S. officinalis semble bien appropriée à la recherche d'une large gamme de métaux, alors que C. scalaris répond spécifiquement à la contamination par le Cu. Des analyses de métaux lourds effectuées à 15 ans d'intervalles permettent de montrer que S. officinalis est un bon indicateur à long terme.

Références bibliographiques :

Arnoux A. et al., 1992. C. R. Acad. Sci. Paris 314 (série III) : 219-225.
Hansen I.V. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull. 31 (1-3) : 133-138.
Verdenal B. et al., 1990. In: New Perspectives in Sponge Biology : 516-524.
Richelle-Maurer E. et al., 1994. In: Sponges in Time and Space : 351-354.
Müller W.E.G. et al., 1998. Mar Ecol. Prog. Ser. 167 : 127-135.
Patel B. et al., 1984. Mar. Biol. 80 : 45-48.
Patel B. et al., 1985. Sci. Total Environ. 41 : 143-152.
Perez T., 2000. Bull. Soc. zool. Fr. 125(1) : 17-25.
Perez T., 2000. Thèse de doctorat - Université de la Méditerranée.

Mots clés: accumulation - hydrocarbures - PCB - DDT

Groupe **Spongiaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *Grantia compressa, Halichondria panicea, Spongia officinalis, Tethya lyncurium, Tethya limski*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée (France et Croatie) - Atlantique (France)

bathymétrique: Zone intertidale à 50 mètres suivant les espèces

milieu: Substrats rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par des composés organiques d'origine industrielle ou accidentelle (échouage de l'Amoco Cadiz).	Hydrocarbures totaux et polyaromatiques, et composés organochlorés (PCB, DDT).	Spectrofluorimétrie (hydrocarbures). Chromatographie gazeuse (organochlorés)

Principaux résultats :

Les hydrocarbures sont accumulés dans les éponges au moins autant que dans les mollusques bivalves (de 1000 à 10000 fois plus que dans l'eau de mer).
Les concentrations de composés organochlorés sont beaucoup plus importantes : l'éponge méditerranéenne S. officinalis a accumulé 100 fois plus de PCB et 1000 fois plus de DDT que les moules sauvages des mêmes stations de prélèvement.

Références bibliographiques :

Féral J.P. et al., 1979. C. R. Acad. Sci. Paris 288 (série D) : 713-716.
Sieben B. et al., 1983. Rapp. P. V. Reun. Ciesm 28(7) : 133-134.
Sieben B. et al. 1986. Thalassia Jugosl. 21-21 : 113-116.
Verdenal B. et al., 1990. In: New Perspectives in Sponge Biology : 516-524.

Mots clés: HSP70 - TBT - PCB

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Geodia cydonium, Suberites domuncula*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Culture en milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Stress thermique. Incubation avec des PCB et du TBT.	Heat shock protein 70.	Détection par immunologie (western blot). Détection des ARN messagers (northern blot).

Principaux résultats : L'origine et la composition des HSP 70 dans les éponges sont parfaitement connues. Il en résulte la possibilité d'utiliser cet outil moléculaire comme biomarqueur. A ce jour, les deux techniques ont permis de vérifier que les HSP 70 répondaient bien à des stress thermiques, mais aussi à des contaminants tels que les PCB et le TBT.

Références bibliographiques :

Koziol C. et al., 1997. Mar. Ecol. Prog. Ser. 154 : 261-268.
Koziol C. et al., 1998. In : Sponge Sciences - Multidisciplinary Perspectives : 121-132.
Krasko A. et al., 1997. Aquatic Toxicology 37 : 157-168.
Müller W.E.G. & Müller I.M., 1998. In : Microscale testing in aquatic toxicology - Advances, techniques, and practice : 97-112.

Mots clés: génotoxicité - Intégrité - ADN - cadmium - TBT - MeHg

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Geodia cydonium, Suberites domuncula*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Culture en milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Incubations avec des concentrations croissantes en cadmium, TBT et MeHg.	Intégrité de l'ADN	Electrophorèse. Détermination du ratio : ADN fragmenté / ADN intact

Principaux résultats :

Le taux d'ADN fragmenté croît de 5 % à 46 % lorque la concentration en cadmium du milieu d'incubation augmente de 0 à 5 µg/ml. Dans le même temps, l'éponge concentre le cadmium dans ses tissus.
Les organométalliques induisent aussi une fragmentation de l'ADN. Mais à faible concentration (0,3µM), le MeHg inhibe les effets du TBT sur l'intégrité de l'ADN.

Références bibliographiques :

Batel R. et al., 1993. Mar. Ecol. Prog. Ser. 93 : 2485-251.
Müller W.E.G. et al., 1994. In : Use of aquatic invertebrates as tools for monitoring of environmental hazards : 165-177.
Wagner C. et al., 1998. Mar. Biol. 131 : 411-421.

Mots clés: génotoxicité - HSP 70 - intégrité - ADN - métaux lourds

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Suberites domuncula*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (mer Adriatique, Croatie)

bathymétrique 10 à 25 mètres

milieu Zone de substrats meubles - en général sur des coquilles de gastéropodes ou de pagures

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Gradient net de pollution démontré au préalable par d'autres outils : influence urbaine et industrielle, contamination par les métaux lourds (Cd, Zn).	Accumulation des métaux (Cd et Zn). Heat Shock Protein 70 Intégrité de l'ADN après ajout de 5 mg/l de Cd à chaque échantillon. Ratio ADN fragmenté / ADN total	Dosage des métaux par SAA four. Dosage des HSP 70 par western blot. Analyse des dommages à l'ADN par fluoromètrie - détermination de "strand scission factor (SSF)".

Principaux résultats :

Il existe un bon gradient de contamination par le Cd, mais moins bon pour le Zn. L'ajout de Cd induit une forte accumulation de Cd et un fort relargage de Zn. Le phénomène est plus marqué pour les éponges issues des sites pollués.
Une forte contamination par le Cd induit une augmentation de la fragmentation de l'ADN et de la production de protéines de stress HSP 70.
Les SSF et HSP 70 des différentes éponges sont bien corrélés avec le gradient de pollution. Les phénomènes sont amplifiés après ajout de Cd, mais le gradient reste respecté.

Références bibliographiques :

Müller W.E.G. et al., 1998. Mar. Ecol. Prog. Ser. 167 : 127-135.
Schröder H.C. et al., 1999. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 36 : 47-55.

Mots clés: MXR - expérimental

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Tethya aurantium, Geodia cydonium, Aplysina aerophoba*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Culture en milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Incubations de cellules d'éponges avec divers xénobiotiques.	Système de résistance multixénobiotique (MXR).	Détection par immunologie (western blot)

Principaux résultats : Mise en évidence dans les membranes cellulaires d'éponge des glycoprotéines du système de résistance multixénobiotique, tel qu'il existe chez les cellules de mammifères. Ces glycoprotéines représentent une protection vis-à-vis des contaminants présents dans l'eau de mer. A certaines concentrations, des contaminants peuvent inhiber ce système de défense, impliquant alors une forte accumulation dans les cellules. Cette approche expérimentale peut aider à comprendre les données sur la bioaccumulation, la toxicité, les relations dose-effets des polluants avec les bioindicateurs.

Références bibliographiques :

Kurelec B., 1992. CRC Crit. Rev. Toxicol. 22(1) : 23-43.
Kurelec B., 1994. In : Use of aquatic invertebrates as tools for monitoring of environmental hazards : 139-163.
Kurelec B., 1997. Environ. Health Persp. 105(4) : 855-860.
Kurelec B. & Pivcevic B., 1992. Mar. Environ. Res. 34 : 249-253.
Kurelec B. et al., 1992. Carcinogenesis 13(1) : 69-76.
Müller W.E.G. et al., 1996. Mar. Biol. 125 : 165-170.

Mots clés: GST - enzymes - expérimental

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Geodia cydonium, Suberites domuncula*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Cultures en milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Stress thermique, variation de pH et salinité.	2'-5' oligoadenylate synthetase. glutathion S-transferase et concentration en trehalose et glutathion.	Mesures des activités enzymatiques.

Principaux résultats :

Chez G. cydonium, l'activité de la 2'-5' oligoadenylate synthetase augmente après une augmentation de température (16 à 26°C), une diminution de température (16 à 6°C), une diminution du pH ou une sursalinité. On observe pas de réponse à une dessalure ou à un pH alcalin (10).

Chez S. domuncula, un choc thermique entraîne une réduction des concentrations en trehalose et glutathion, ainsi qu'une inhibition de l'activité glutathione S-transferase.

Références bibliographiques :

Bachinski N. et al., 1997. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 210 : 129-141.
Schröder H.Z. et al., 1997. Environ. Toxicol. Chem. 16 : 1403-1409.

Mots clés: génotoxicité - adduits - ADN - hydrocarbures polyaromatiques

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Tethya lyncurium*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (mer Adriatique)

bathymétrique

milieu in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les hydrocarbures aromatiques, et par le benzopyrène en particulier (BaP).	Adduits à l'ADN.	Marquage radioactif et autoradiographie.

Principaux résultats : Les éponges accumulent dans leurs tissus des hydrocarbures polyaromatiques, et en particulier du BaP. Le BaP s'associe à des macromolécules telles que l'ADN, l'ARN ou des protéines. Le taux de BaP lié à l'ADN est fortement corrélé avec sa concentration dans les tissus des éponges. La détection d'adduits à l'ADN dans les éponges pourrait être utilisée comme biomarqueur de génotoxicité.

Références bibliographiques :

Zahn R.K. et al., 1982. Chem. Biol. Interactions 39 : 205-220.
Kurelec B. et al., 1989. Mar. Environ. Res. 28 : 317-321.

Mots clés: génotoxicité - oncogène - ras - détergents

Groupe **Spongiaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Geodia cydomium*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (mer Adriatique)

bathymétrique 5 - 10 mètres

milieu Culture en milieu naturel - Culture en aquarium (pour les expériences avec les détergents)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution d'origine urbaine. Eau de mer polluée par des détergents (dodecylsulfate).	Expression de l'oncogène "ras" durant une phase de régénération des tissus.	Mise en culture de boutures d'éponge durant 3 semaines. Détection du ras-ARN messager après hybridation (RNA blot hybridation).

Principaux résultats :

L'expression du gène ras est amplifiée d'un facteur 3 à 5 dans les stations modérément polluées mais diminuée de moitié dans le site le plus fortement pollué.
Les expériences en aquarium montrent qu'une pollution par les détergents est à l'origine d'une diminution de moitié de l'expression du gène ras. Ces expériences démontrent que la détection du gène ras dans des boutures d'éponge peut être utilisée comme biomarqueur d'une pollution par les détergents.

Références bibliographiques :

Ugarkovic D. et al., 1990. Mar. Biol. 107 : 191-197.
Ugarkovic D. et al., 1991. Mar. Ecol. Prog. Ser. 71 : 253-258.

Caractère opérationnel du groupe: SPONGIAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	3	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	3	Cliones (éponges perforantes)	
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	3	HAP, PCB, DDT	
	inorganiques:	2	Hg, Cd, Fe, Pb, Cu, Cr, Zn, Ti, V, As	
	organométalliques:	4	TBT, MeHg	
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	3	Intégrité de l'ADN	
	biochimiques:	3	Protéines de stress	
	physiologiques:	5		
	morphologiques:	5		
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		5		

Synthèse critique du groupe : SPONGIAIRES

Points forts :

Les spongiaires sont des filtreurs actifs capables d'épurer de grands volumes d'eau. Ils se nourrissent de particules plus fines que les filtreurs habituellement utilisés dans les réseaux de surveillance. Ils peuvent aussi accumuler des composés dissous dans l'eau de mer. Ils sont très largement distribués partout dans le monde, et supportent des conditions de vie extrêmes. Ils apparaissent donc être de bons candidats comme organismes sentinelles.
Ce groupe a été beaucoup étudié par des physiologistes et biochimistes. De ce fait, on sait déjà que ces organismes sont capables d'exprimer des marqueurs de stress.

Limites:

Les études les plus abouties concernant les éponges comme bioaccumulateurs ont été réalisées en Méditerranée. Il est donc nécessaire d'identifier d'autres espèces potentiellement utilisables sur les autres façades maritimes françaises, et en zone tropicale.
Les biomarqueurs déjà testés chez les éponges n'ont connu que peu d'applications sur le terrain. Il s'avère nécessaire de réaliser plus d'applications pilotes afin de tester la sensibilité de tels outils.

Commentaires:

Une recherche coordonnée sur les spongiaires comme indicateurs de pollution est aujourd'hui conduite dans le cadre d'un programme national et d'un programme européen. Les premiers résultats ont montré que ces organismes sont utilisables à travers des approches techniques très différentes (de l'écologique au moléculaire).
La recherche de contaminants accumulés a permis de démontrer une forte capacité à accumuler tous les types de contaminants. Certaines espèces peuvent répondre spécifiquement à une contamination par un élément donné. On connaît aujourd'hui le fort pouvoir d'accumulation de métaux lourds par les spongiaires, mais les organométalliques ont été rarement recherchés dans leur tissus.
Cette grande capacité à accumuler une grande variété de contaminants peut leur conférer la propriété d'exprimer un grand nombre de biomarqueurs. En particulier, des biomarqueurs tels que les métallothionéines ou les enzymes liés au cytochrome P450 n'ont jamais été testés chez ces organismes. Ce type de biomarqueur spécifique connaît des limites d'application dues aux capacités d'accumulation des organismes classiquement employés, et donc à leur sensibilité. Il serait donc intéressant d'effectuer quelques tests de faisabilité impliquant des biomarqueurs bien développés uniquement chez les mollusques bivalves et les poissons.

Cahier N° : 5

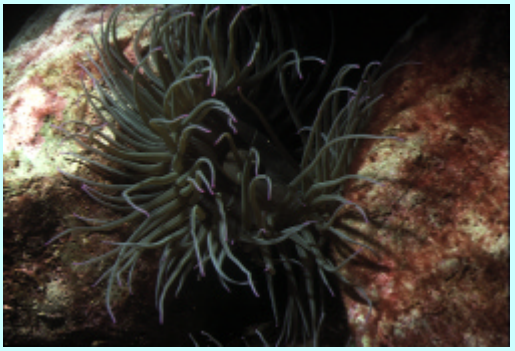
ACTINIAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés - Sessiles - Cnidaires

Photo ci-contre :

Anémone de mer (Anemonia sulcata), espèce courante sur les littoraux Atlantique, Manche et Méditérranée (Ph. J-G Harmelin).



Distribution

géographique	Large distribution, des zones polaires aux tropicales
bathymétrique	L'ensemble des espèces présentées sont localisées dans les zones intertidale, subtidale et infralittorale jusqu'à 30m de profondeur
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs (fonds rocheux et bioconcrétionnements) et substrats meubles

Biologie

nutrition	Carnivores
reproduction	Sexuée et asexuée
durée de vie	Inconnue

Approches

Indicateurs écologiques ☐

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: Actinia sp. - métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn) - atlantique (france)

Groupe **Actiniaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Actinia sp.*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Bretagne-Baie de Bourgneuf)

bathymétrique -10 m

milieu Fonds sédimentaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des rejets liés à des activités agricoles, conchylicoles et balnéaires.	Accumulation de métaux lourds (Cd, Cu, Pb et Zn).	SAA avec flamme (Zn) et sans flamme (Cd, Cu et Pb).

Principaux résultats :

Les teneurs en cd, pb et Cu mesurées dans les actinies prélevées s'avèrent supérieures à celles mesurées dans les espèces de poissons prélevés au même endroit et sont corrélés avec le niveau de contamination du milieu.
En revanche, les teneurs en zinc sont du même ordre de grandeur quel que soit le groupe taxonomique.

Références bibliographiques :

Amiard-Triquet C. et al., 1983. Cah. Biol. Mar. 24 : 105-118.

Mots clés: Bunodosoma caissarum - effluents radioactifs - atlantique ouest (Brésil)

Groupe **Actiniaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Bunodosoma caissarum*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique Ouest : Brésil

bathymétrique Non précisée

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents radioactifs.	Mesures de différents radionucléides : 133Ba, 60Co, 51Cr, 137Cs, 131I, 210Pb, 210Po, 65Zn.	Scintillateur.

Principaux résultats : L'actiniaire Bunodosoma caissarum, caractéristique des côtes sud du Brésil, est un bioindicateur très fiable permettant de suivre les pollutions radioactives d'origine anthropique. Il accumule particulièrement bien le 51Cr, 65Zn, 51Cr.

Références bibliographiques :

Dos Santos-Gouvea R. et al., 1985. Rev. Brasil. Biol. 45(1-2) : 101-104.
Gouvea R.C. et al., 1989. Sci. Total. Environ. 88(1-2) : 181-183.

Mots clés: TBT - DBT - Amérique du nord - zooxanthelles

Groupe **Actiniaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Aiptasia pallida; Bunodactis stella; Metridium senile*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : USA (Caroline du Nord); Canada (Estuaire du Saint Laurent)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT et le DBT.	Concentration en TBT et DBT Nombre de zooxanthelles Photopériode.	Chromatographie en phase gazeuse et spectromètre de masse (GC-MS).

Principaux résultats :

Il existe des processus d'absorption et de dégradation des TBT et DBT. La présence de zooxanthelles semblent intervenir de façon prédominante dans ces processus de régulation. Ainsi, leur expulsion par les anémones est un processus de dépuration.
Les espèces symbiotiques d'eau froide accumulent les TBT et DBT à des niveaux inférieurs par rapport aux espèces tropicales. Elles semblent donc moins vulnérables à la présence de ces composés et présentent donc un intérêt modéré comme indicateur.

Références bibliographiques :

Mercier A. et al., 1998. Can. J. Fish. Aquat. Sci. J. Can. Sci. Halieut. Aquat. 55(1) : 239-245.
Mercier A. et al., 1997. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 215 : 289-304.
Mercier A. et al., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser. 144 : 133-146.

Mots clés: métaux lourds (Cd, Cu, Zn) - Grande Bretagne - zooxanthelles

Groupe **Actiniaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Anemonia viridis, Actinia equina*

Localisation d'étude :

géographique Grande Bretagne-Sud Ouest de l'Angleterre et de l'Ecosse

bathymétrique Non précisée

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination des eaux littorales par des métaux lourds.	Mesure de la concentration en métaux lourds (Cu, Zn et Cd).	Pour Zn : SAA avec flamme Pour Cu et Cd : SAA sans flamme.

Principaux résultats :

Chez Anemonia viridis, il existe des phénomènes de régulation impliquant l'expulsion des zooxanthelles qui accumulent le cuivre. Il existe également d'autres mécanismes de régulation chez les anémones aposymbiotiques. Ces anémones exposées à des rejets de cuivre produisent du mucus qui pourrait intervenir dans ces phénomènes de régulation.
Anemonia viridis et Actinia equina sont de bons bioaccumulateurs concernant le zinc mais n'accumulent pas ou très peu le cadmium.

Références bibliographiques :

Harland, A.D. et Nganro, N.R., 1990. Mar. Biol. 104(2) : 297-301.
Harland, A.D. et al., 1990. JMBA UK. 70 : 789-802.

Mots clés: Anemomia viridis - Grande Bretagne - HSP 70 - zooxanthelles

Groupe **Actiniaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Anemonia viridis*

Localisation d'étude :

géographique Grande Bretagne-Cornwall

bathymétrique Zone intertidale et subtidale

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Stress thermique.	HSP 70.	Western blots.

Principaux résultats : Un stress thermique chez Anemonia viridis entraîne une production d' HSP 70. Cette production est corrélée avec la présence de zooxanthelles symbiotiques.

Références bibliographiques :

Sharp V.A. et al., 1994. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 179 : 179-193.

Mots clés: zone portuaire - Amérique du nord - hydorcarbures - HSP - Cytochrome P450

Groupe **Actiniaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *Aiptasia pallida; Anthopleura elegantissima; Anthopleura xanthogrammica; Bunodosoma cavernata; Condylactis gigantea*

Localisation d'étude :

géographique: Golfe du Mexique : USA (Louisiane, Floride); Pacifique : USA (Alaska, Californie)

bathymétrique: Zone intertidale

milieu: Jetées portuaires et roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Elévation de la température. Pollution portuaire par la présence d'hydrocarbures.	Induction d'HSP Induction de Cytochrome P450.	Mesure par la technique du Western Blot.

Principaux résultats : Une élévation de température induit la production d'HSP (HSP 70, HSP 90). Chez l'ensemble des actiniaires étudiés, il existe un système cytochrome P450-MFO dépendant.

Références bibliographiques :

Heffernan, L.M. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 353-357.
Nancy A.B. et al., 1995. Biol. Bull. 188 : 234-240.
Winston G.W., 1998. Mar. Environ. Res. 45(1) : 89-100.

Mots clés: Actinia equina - pétrole brut - reproduction et nutrition

Groupe **Actiniaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Actinia equina*

Localisation d'étude :

géographique Grande Bretagne - Cornwall

bathymétrique Zone intertidale et sublittorale

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination expérimentale par du pétrole brut et dérivés pétroliers.	Reproduction et mode de nutrition de l'anémone.	Observations in vitro.

Principaux résultats :

Les résultats obtenus expérimentalement montrent que de fortes concentrations en pétrole brut (pétrole de mer du Nord et du Koweit) ou de dérivés pétroliers (hexane, décane, benzène, xylène) sont à l'origine de malformations des gonades chez Actinia equina et d'une diminution du nombre de planulae émises.
De plus, l'efficacité de la capture de nourriture par la anémones (nombre de particules alimentaires ingérées par unité de temps) est fortement diminuée en présence de ces composés.

Références bibliographiques :

Ormond R.F.G. et Caldwell S., 1982. Mar. Poll. Bull. 13(4) : 118-122.

Caractère opérationnel du groupe: ACTINIAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements: 5
- abondance ☐
- richesse spécifique ☐

d'un ou plusieurs taxons : 5

Participation à un (des) indice(s) ☐

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	3	Détergents, HAP.
inorganiques:	3	Métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn), radionucléides.
organométalliques:	4	TBT

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	4	HSP 70, induction du cytochrome P450.
physiologiques:	3	Emission et malformation des planula, implication des zooxanthelles dans les processus de détoxification.
morphologiques:	3	Malformation des gonades.
comportementaux:	3	Capture de la nourriture par les anémones.

Existence de Biotests

5

Synthèse critique du groupe : ACTINIAIRES

Points forts :

Les Actiniaires permettent de suivre la contamination du milieu marin par un nombre déterminé d'altérants (métaux lourds, détergents, HAP, radioisotopes, TBT), depuis la zone intertidale jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur. En zone tempérée, les espèces potentiellement intégrables dans un réseau de surveillance sont communes aux façades Atlantique, Manche et Méditerranée. Leur identification est aisée et ne nécessite pas de compétences taxonomiques particulières.

Limites:

Les paramètres suivis font appel à des compétences techniques pointues (histologiques, physiologiques, taxonomiques) ce qui limite l' intégration des espèces d'Actiniaires dans un réseau de surveillance.
L'efficacité des Actiniaires en tant que bioaccumulateurs de métaux lourds concerne principalement 3 élements : le Cu, le Pb et le Cd. Leur intérêt paraît limité dans ce domaine si l'on compare les performances de bioaccumulation d'autres invertébrés marins. L'utilisation des Actiniaires dans le suivi des rejets de TBT concerne les régions tropicales. En zone tempérée, leur intérêt paraît beaucoup plus limité.

Commentaires:

Le principal intérêt des Actiniaires, en tant qu'organismes potentiellement intégrables dans un réseau de surveillance, se limite pour l'instant à l'existence de biomarqueurs physiologiques et morphologiques en réponse à la présence d'altérants. Il n'existe que peu ou pas de données concernant les biomarqueurs de génotoxicité et les biomarqueurs biochimiques. Des travaux complémentaires sont donc nécessaires dans ces deux domaines. Enfin en milieu tempéré, le nombre d'espèces utilisées jusqu'à présent se limitent principalement à Anemonia viridis et à Actinia equina, espèces de substrat dur. L'intérêt d'autres espèces, particulièrement de substrat meuble, serait donc intéressantes à tester sur l'ensemble des façades Atlantique, Manche et Méditerranée.

Cahier N° : 6

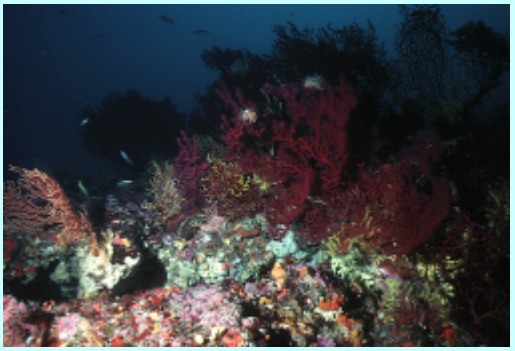
GORGONAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés coloniaux - Sessiles - Cnidaires

Photo ci-contre :

Peuplement de gorgonaires (Paramuricea clavata et Eunicella cavolinii) caractéristique des fonds coralligènes de Méditerranée (Ph. J-G Harmelin).



Distribution

géographique	Large distribution, des zones polaires aux tropicales
bathymétrique	De l'infralittoral à 1000 mètres, mais la majorité se situe dans les 100 premiers mètres
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs (fonds rocheux, bioconcrétionnements) et substrats meubles (fonds vaseux)

Biologie

nutrition	Filtreurs passifs
reproduction	Sexuée pour l'ensemble des espèces et asexuée pour quelques espèces tropicales
durée de vie	Plusieurs dizaines d'années : au moins 50 ans dans le cas de la gorgone pourpre de Méditerranée (Paramuricea clavata)

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: rejets urbains - acitivités agricoles - métaux lourds - pesticides - récifs coralliens

Groupe **Gorgonaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Briareum asbestinum, Gorgonia flabellum, Pseudopterogorgia acerosa*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : USA (Floride)

bathymétrique -3 à -4 m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et pollutions liées à des activités agricoles.	Mesure de la concentration en métaux lourds (As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb) et en pesticides (Lindane, Heptaclor et Heptachlore epoxide, Aldrin et Dieldrin, Chlordanes, Endosulfane, DDT, Endrine, Mirex, Methoxychlore).	Pour les métaux lourds : SAA et procédure par vapeur froide (Hg) Pour les pesticides : chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats : Les trois espèces de gorgonaires accumulent de façon équivalente le lindane, l'heptachlore et le chlordane (1à 8ppm). Le DDT quant à lui est accumulé de façon privilégiée par Briareum asbestinum (1ppm). Concernant les métaux lourds, les gorgones accumulent plus particulièrement l'arsenic, le cuivre et le fer (respectivement en moyenne 7, 10 et 83 ppm).

Références bibliographiques :

Glynn P.W. et al., 1989. Mar. Poll. Bull. 20(11) : 568-576.

Mots clés: hydrocarbures - agents pathogènes fungiques - Récifs coralliens - Caraibes

Groupe **Gorgonaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gorgonia ventalina, Gorgonia flabellum*

Localisation d'étude :

géographique Mer des Caraibes : Antilles néerlandaises, Curaçao, Bahamas, Colombie, Costa Rica

bathymétrique -1 à -20m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets d'hydrocarbures et Présence d'agents pathogènes fungiques	Tumeurs algales et nécroses du coenenchyme.	Nécroses : observation en scaphandre autonome. Tumeurs : prélèvements tissulaires décalcifiés, colorés et observés au microscope optique.

Principaux résultats : Des cas de mortalité catastrophiques, le développement de tumeurs algales et la présence de nécroses semblent des indicateurs de stress environnemental. Ces caractères histopathologiques paraissent avoir une origine multifactorielle : pollution, ouragans, baisse de la salinité, etc. L'infection par des organismes pathogènes fungiques (Aspergillus) joue un rôle majeur dans la formation des tumeurs du coenenchyme.

Références bibliographiques :

Morse D.E. et al., 1981. Bull. Mar. Sci. 31(2) : 399-409.
Garzon-Ferreira J. et Zea, 1992. Bull. Mar. Sci. 50(3) : 522-526.
Nagelkerken I. et al., 1997. M.E.P.S. 160 : 255-263.

Mots clés: émissaire profond - pacifique : Australie - abondance et taux de recouvrement

Groupe **Gorgonaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplement de Gorgonaires*

Localisation d'étude :

géographique Australie : Baie de Sydney

bathymétrique -50 m

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets d'un émissaire profond.	Abondance et taux de recouvrement spécifique.	Analyse d'images à partir de photographies prises sur des quadrats de 0,45m².

Principaux résultats : Le nombre d'espèces et le taux de recouvrement diminuent de façon significative au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'émissaire profond.

Références bibliographiques :

Roberts D.E., 1997. Mar. Poll. Bull. 33(7-12) : 303-308.

Mots clés: courant liguro-provençal - peuplements profonds - mortalité - nécroses

Groupe **Gorgonaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Peuplements de Corallium rubrum; Eunicella cavolinii; Lophogorgia ceratophyta; Paramuricea clavata*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée : France (région PACA); Italie (mer Ligure-Portofino)

bathymétrique: -18 à -150 m

milieu: Fonds coralligènes et roches littorales

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Altéragène(s) non identifié(s) d'origine particulaire et véhiculé(s) par le courant courant liguro-provençal pour la région PACA.	Densité des peuplements, structure de peuplement et état de santé des colonies.	Entre 18 et 50m : mesure sur des transects et des quadrats. Entre 60 et 150m : observations en soucoupe plongeante.

Principaux résultats :

Les observations et les mesures réalisées dans la tranche bathymétrique (18-50m) montrent l'existence des variations démographiques (densité, recouvrement) et des altérations ponctuelles et épisodiques des peuplements de grands gorgonaires (mortalité, nécroses). Ces altérations semblent avoir une origine multiple : pollution, hydrodynamisme, altérations mécaniques (plongeurs, filets, mouillages), événements météorologiques exceptionnels, développements algaux. Les observations réalisées entre 60 et 150m ont mis en évidence des mortalités catastrophiques des grands gorgonaires liées à un altéragène non identifié associé au matériel particulaire et véhiculé par le courant liguro-provençal.

Références bibliographiques :

Arnoux A. et al., 1992. C. R. Acad. Sci. Paris. 314 (série 3) : 219-225.
Bavestrello G. et Boero F., 1986. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova. 52 suppl. : 295-300.
Bavestrello G. et al., 1994. Mar. Life. 4(1) : 15-19.
Harmelin J.G. et Marinopoulos J., 1994. Mar. Life. 4(1) : 5-13.
Maillard P. et al., 1996. Mesogee. 55 : 27-32.
Mistri M. et Ceccherelli V.U., 1995. Mar. Life. 5(1) : 43-49.
Mistri M. et Ceccherelli V.U., 1996. Ital. J. Zool. 63 : 231-236.
Stachowitsch M., 1984. PSZNI Marine Ecology. 5 : 243-264.

Mots clés: rejets urbains - hydrocarbures - Caraïbes - peuplement de gorgonaires

Groupe **Gorgonaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Peuplement de gorgonaires; Peuplement de Gorgonia flabellum*

Localisation d'étude :

géographique: Golfe du Mexique : Cuba (la Havane) ; Costa Rica

bathymétrique: -10 à -15m

milieu: Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains dans la Baie de la Havane. Rejets d'hydrocarbures (Costa Rica).	Composition du peuplement de gorgones en fonction de la proximité des points de rejets.	Mesures in situ : transects et quadrats Traitement statistique : indice de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (J'). Méthode de classification hiérarchique.

Principaux résultats :

Les résultats obtenus permettent d'envisager l'utilisation des peuplements de gorgones dans les programmes de monitoring de la qualité du milieu marin, en milieu récifal.
Les rejets d'hydrocarbures à faible concentration pourraient être partiellement responsable de la mortalité massive des peuplements de Gorgonia flabellum.

Références bibliographiques :

Alcolado P., 1981. Inf. Cient. Téc. 187 : 1-43.
Guzman H.M. et Cortés J., 1984. Rev. Biol. Trop. 32(2) : 305-308.
Herrera Moreno A. et Alcolado P.M., 1983. Cienc. Biol. 10 : 69-85.
Herrera Moreno A., 1984. Cienc. Biol. 12 : 105-124.

Mots clés: rejets urbains - activités agricoles - abondance - taux de recouvrement - histopathologie

Groupe **Gorgonaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements à Briareum asbestinum, Gorgonia flabellum et Pseudopterogorgia acerosa. Peuplement de Muricea california*

Localisation d'étude :

géographique USA-Floride (Miami)

bathymétrique -3 à -4 m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et pollutions liées à des activités agricoles. Rejet d'un égout en mer.	Abondance spécifique et taux de recouvrement. Analyse histopathologique. Structure de peuplement de Muricea california.	Abondance, taux de recouvrement et structure de peuplement : Transects et quadrats. Histopathologie : Coupe histologique et observation au microscope optique.

Principaux résultats : Les taux de recouvrement des espèces étudiées diminuent de façon significative lorsqu'on se rapproche des zones de rejets. En revanche, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre l'existence de caractères histopathologiques (nécroses, tumeurs) et les rejets de métaux lourds et de pesticides.

Références bibliographiques :

Glynn P.W. et al., 1989. Mar. Poll. Bull. 20(11) : 568-576.
Grigg R.W. et Kiwala R.S., 1970. California Fish Game. 56(3) : 145-155.
Grigg R.W., 1975. Amer. Nat. 109(970) : 647-657.

Caractère opérationnel du groupe:

GORGONAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements: 3
- abondance ☑
- richesse spécifique ☑

d'un ou plusieurs taxons : 3 — Paramuricea clavata

Participation à un (des) indice(s) ☐

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques: 4 — Détergents

inorganiques: 4 — As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Ti, V, Zn

organométalliques: 5

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité: 5

biochimiques: 5

physiologiques: 4 — Implication des zooxanthelles symbiotiques dans les processus de détoxification

morphologiques: 3 — Nécroses du coenenchyme

comportementaux: 6

Existence de Biotests

5

Synthèse critique du groupe : GORGONAIRES

Points forts :

En milieu tempéré comme en milieu tropical (récifs coralliens), les espèces de gorgonaires potentiellement intéressantes comme indicateurs de la qualité du milieu marin, ne nécessitent pas de compétences taxonomiques particulières et sont facilement reconnaissables in situ. Pour la plupart, elles forment des peuplements denses qui permettent d'envisager le suivi de la qualité des eaux littorales dans une large tranche bathymétrique, de quelques mètres sous la surface à 100m de profondeur.
Les méthodes de suivi des peuplements font appel à des techniques simples (transects et quadrats) facilement intégrables dans un réseau de surveillance demandant des mesures en routine. Les nécroses du coenenchyme, biomarqueurs morphologiques, sont facilement identifiables et ne demandent pas de compétences techniques particulières.

Limites:

En milieu tempéré, le suivi des peuplements de gorgonaires est particulièrement intéressant pour la surveillance de la qualité des eaux littorales du bassin méditerranéen. Sur le façade atlantique et Manche, l'intérêt de ces organismes paraît plus limité en raison de la localisation très limitée des grands peuplements et du nombre restreint d'espèces (essentiellement Eunicella verrucosa).
L'utilisation des techniques de surveillance des peuplements de gorgonaires in situ nécessite du personnel qualifié et expérimenté dans le domaine de la plongée sous-marine.

Commentaires:

Les études de structure de populations de gorgonaires et le suivi de biomarqueurs morphologiques (nécroses du coenenchyme) permettent d'envisager la création d' indices d'évaluation de la qualité des peuplements corrélés à la qualité générale du milieu marin. Elle nécessite néanmoins des précautions importantes dans le choix des sites de suivis en fonction de la pression anthropique exercée (pêche, plongée, mouillage, etc) et des objectifs désirés. Cette nouvelle perspective de recherche est en cours de développement dans le cadre d'un programme de recherche français.
Il n'existe pas de données concernant les biomarqueurs biochimiques et génotoxiques. Des recherches complémentaires doivent être envisagées afin de corréler la présence de ces biomarqueurs (HSP 70,90; fragmentation et/ou adduits à l'ADN) avec les indices morphologiques et populationnels. Ces résultats pourraient ainsi permettre d'optimiser le degré d'information apporté par ces indices écologiques dans le cadre d'une intégration des gorgonaires dans un réseau de surveillance de la qualité du milieu marin. Ces études permettraient également de préciser les corrélations entre le niveau de d'expression des marqueurs morphologiques et les causes (concentration en micropolluants, etc).

Cahier N° : 7

MADREPORAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés coloniaux ou solitaires - Cnidaires

Photo ci-contre :

Récif corallien de l'océan Pacifique (Moorea) (Ph. M. Peyrot-Clausade).

Distribution

géographique	Large distribution en zone tempérée et surtout tropicale
bathymétrique	De la surface à 5000 mètres de profondeur
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs. En zone tropicale, ils sont les principaux constructeurs des récifs coralliens

Biologie

nutrition	Filtreur passifs
reproduction	Sexuée
durée de vie	Plusieurs dizaines d'années. L'âge estimé de certaines colonies récifales avoisine les 100 ans

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

Programme de surveillance de la Grande Barrière de Corail (Australie)

Mots clés: métaux lourds - zone urbaine - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Montastrea annularis*

Localisation d'étude :

géographique Venezuela-Parc national Morrocoy

bathymétrique -2 à -4m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Faible contamination urbaine.	Concentrations en métaux lourds (Al, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, V et Zn) dans le squelette calcaire et les tissus mous. Comparaison de ces concentrations dans deux stations soumis à un régime sédimentaire différent.	Pour le mercure : vapeur froide et SAA Pour les autres métaux : ICP.

Principaux résultats : Les résultats montrent que certains métaux (Cd, V et Zn) s'accumulent plutôt dans les tissus mous de Montastrea annularis que dans le squelette calcaire. En revanche, il n'existe pas de différence au niveau de la bioaccumulation de l'ensemble des métaux selon le régime sédimentaire du site.

Références bibliographiques :

Bastidas C. et Garcia E., 1997. Proc 8th Int Coral Reef Sym. 2 : 1847-1850

Mots clés: rejets urbains - activités agricoles - métaux lourds - pesticides - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Colpophyllia amaranthus, Colpophyllia natans, Diploria clivosa, Diploria strigosa, Montastrea annularis, Porites astroides, Siderastrea siderea*

Localisation d'étude :

géographique USA- Floride (Miami)

bathymétrique -3 à -4 m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et pollution par les pesticides liée à des activités agricoles.	Mesure dans les tissus et le squelette calcaire : de la concentration en métaux lourds (As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb); de la concentration en pesticides (lindane, heptachlore, aldrine et dieldrine, chlordane, endosulfane, DDT, endrine, mirex, methoxychlore).	Pour les métaux lourds : SAA et vapeur froide (Hg). Pour les pesticides : Chromatographe en phase gazeuse.

Principaux résultats :

L'ensemble des espèces de madréporaires étudiés accumulent le lindane, l'heptachlore, le chlordane et les résidus de DDT. Néanmoins, Montastrea annularis et Porites astroides accumulent préférentiellement le Chlordane (jusqu'à 2ppm).
L'accumulation des métaux lourds dans les madréporaires paraît moins probante que celle des pesticides. Siderastrea siderea et Diplora clivosa accumulent particulièrement le fer. L'arsenic, le cuivre et le plomb sont détectés à faible concentration dans Diploria strigosa, Montastrea annularis et Porites astroides.

Références bibliographiques :

Glynn P.W. et al., 1989. Mar. Poll. Bull. 20(11) : 568-576.

Mots clés: rejets urbains - phosphore total et inorganique - bandes de croissance - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Montastrea annularis et Diploria strigosa*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Bermude, St Croix, Curaçao

bathymétrique -6m et -10m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet urbain.	Dosage de la concentration du phosphore total et inorganique Bandes de croissance.	Pour les bandes de croissance : rayon X Pour le dosage du phosphore: dosage par colorimétrie (bleu de molybdène).

Principaux résultats :

L'existence de bandes de croissance au sein du squelette des madréporaires permet d'avoir une connaissance de l'historique des teneurs en phosphore dans le milieu marin,
Les madréporaires peuvent donc être utilisés pour l'étude de l'évolution des rejets de phosphore par les émissaires.

Références bibliographiques :

Dodge R.E. et al., 1984. Mar. Poll. Bull. 15(5) : 178-187.

Mots clés: pétrole brut - fer - terpénoides - zooxanthelles

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Porites lutea*

Localisation d'étude :

géographique Golfe Persique et Thailande

bathymétrique Expérimentation in vitro à partir de madréporaires prélevés sur le platier corallien.

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par du pétrole brut et du fer.	Recherche de terpénoides (marqueur de contamination par le pétrole) dans le squelette calcaire. Concentration en fer dans les tissus du madréporaire et recherche de zooxanthelles.	Mesure de la concentration en Fe : SAA Hydrocarbures : chromatographie en phase gazeuse et spectromètre de masse.

Principaux résultats :

La mesure de la concentration en terpénoides dans les colonies de Porites lutea et le comptage des bandes de croissance du squelette calcaire permettent d'avoir un historique de la contamination du milieu marin par du pétrole brut.
L'exposition expérimentale à des fortes concentrations de Fe entraîne une expulsion des zooxanthelles symbiotiques. Une exposition régulière à des concentrations plus faibles diminue cette réponse. Ce dernier résultat suggère donc que Porites lutea développe une tolérance vis à vis du fer.

Références bibliographiques :

Readman J.W. et al., 1996. Mar. Poll. Bull. 32(5) : 437-443.
Harland A.D. et Brown B.E., 1989. Mar. Poll. Bull. 20 : 353-357.

Mots clés: hydrocarbures polyaromatiques - PCB - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *19 espèces de madréporaires*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Bermudes

bathymétrique Profondeur de prélèvements des madréporaires non précisés

milieu Récifs corallliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition expérimentale à des xénobiotiques marqués au 14C.	Dosage de 4 xénobiotiques liposolubles (naphtalène, phénanthrène, PCB et octachlorostyrène).	Dosage par scintillation liquide sur benzène.

Principaux résultats : Les espèces étudiées peuvent être utilisées comme bioaccumulateurs dans le suivi de xénobiotiques liposolubles. L'élimination des contaminants accumulés est très lente comparée à des résultats obtenus sur d'autres organismes marins (éponges, mollusques, poissons). Le naphthalène est le premier xénobiotique éliminé.

Références bibliographiques :

Solbakken J.E. et al., 1984. Mar. Ecol. Prog. Ser. 16 : 149-154.

Mots clés: métaux lourds - peintures antifouling - australie - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Acropora aspera, Acropora valida, Pocillopora damicornis, Goniastrea flavulus et Porites sp.*

Localisation d'étude :

géographique Australie

bathymétrique -2m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à rejets de métaux lourds et de peintures antifouling.	Concentration dans les tissus de Cd, Cu, Pb et Zn.	Détermination de la concentration par SAA.

Principaux résultats : Les conclusions de cet article montrent que les madréporaires sont potentiellement utilisables comme bioaccumulateurs dans les réseaux de monitoring concernant la pollution par les métaux lourds. Des travaux complémentaires sont néanmoins nécessaires.

Références bibliographiques :

Mc Conchie D. et Brown B.E., 1989. Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium, Guam. 1 : 97-103.

Mots clés: rejets urbains - activités agricoles - pesticides

Groupe **Madréporaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gardineroseris planulata, Millepora intricata, Pavona clatus, Pavona varians, Pocillopora damicornis, Pocillopora elegans, Porites panamensis, Psammocora stallata*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Panama-Golfe de Chiriqui

bathymétrique -3 à -4m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet urbain et pollution par des pesticides liés à des activités agricoles.	Concentration en herbicides et test de toxicité avec un herbicide commercial (Weed-B-Gon) sur Pocillopora damicornis.	Dosage des pesticides : Chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats : Des résidus d'herbicides ont été détectés dans des colonies de madréporaires issus d'un récif présentant un taux de mortalité élevé. Des tests réalisés en laboratoire démontrent l'effet toxique d'un herbicide commercial (Weed-B-Gon) sur les colonies de Pocillopora damicornis, espèce composant les récifs du Golfe de Chiriqui. Néanmoins, des épisodes climatiques (El Nino) pourraient jouer un rôle dans la mortalité de madréporaires.

Références bibliographiques :

Glynn P.W. et al., 1984. Mar. Poll. Bull. 15 (10) : 370-374.

Mots clés: stress thermique - hydrocarbures polyaromatiques - HSP - CYP450 - récifs coralliens

Groupe **Madréporaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Montastraea faveolata; Favia fragum*

Localisation d'étude :

géographique Mer des Caraibes : Bahamas, Floride

bathymétrique -5 à -7m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Stress thermique et exposition à des HAP.	HSP Induction de cytochrome P450, de BaPH, d'UDPGT et de GST.	Electrophorèse sur gel (SDS-PAGE) et audiogramme.

Principaux résultats :

Un stress thermique entraîne, chez Montastraea faveolata, la production d'HSP de poids moléculaires approximatifs de 95, 90, 78, 74, 33, 28 et 27 KDa. Il reste à déterminer s'il existe un lien entre la production de ces HSP et les phénomènes de blanchissement qui touche épisodiquement les colonies de madréporaires récifaux.
L'exposition à des HAP induit la production de cytochrome P450 et d'enzymes intervenant dans le métabolisme cellulaire des xénobiotiques (BaPH, UDPGT et GST).

Références bibliographiques :

Black N.A. et al., 1995. Biol. Bull. 188 : 234-240.
Gassman N.J. et Kennedy C.J., 1992. Bull. Mar. Sci. 50(2) : 320-330.

Mots clés: rejets d'émissaires - taux de croissance - taux de reproduction - durée de vie

Groupe **Madréporaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté récifale dans son ensemble (Madréporaires exclusivement)*

Localisation d'étude :

géographique Mer des Caraibes (Jamaique), Pacifique (Hawaii, Guam)

bathymétrique Platier corallien

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets d'émissaires.	Biodiversité et physiologie des madréporaires.	Mesures in situ sur transects et quadrats.

Principaux résultats : Les auteurs de cet article de synthèse distinguent trois paramètres ayant une influence sur les récifs coralliens : l'augmentation en nutriments, l'apport de sédiments et l'apport de substances toxiques. L'apport de nutriments entraîne une augmentation des algues benthiques au détriment des madréporaires. L'augmentation de la sédimentation provoque l'étouffement des colonies de madréporaires. Enfin, l'apport d'altérants toxiques peut induire des désordres métaboliques, une baisse du taux de croissance et de reproduction et une diminution de la durée de vie des colonies.

Références bibliographiques :

Pastorok R.A. et Bilyard, G.R., 1985. Mar. Ecol. Prog. Ser. 21 : 175-189.

Mots clés: rejets urbains - Hawaii - structure de peuplements - taux de croissance - expertise

Groupe **Madréporaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté récifale*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Hawaii (Baie de Mamala-Honolulu)

bathymétrique -6 à -13m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains.	Structure de peuplement, abondance relative de chaque espèce, taux de croissance et taux de recouvrement. Dans la colonne d'eau : salinité, PO4, NO3, NH3, turbidité, chlorophylle a et sédimentation.	Peuplement : mesures sur transects et quadrats. Paramètres dans la colonne d'eau : méthodes de mesures non précisées.

Principaux résultats : Cet article synthétise les résultats obtenus lors d'une expertise demandée par la Cour Fédérale d'Honolulu afin d'estimer l'impact de rejets urbains sur l'environnement. Elle met en évidence la complexité des effets cumulés du rejet urbain et des facteurs naturels tels que les ouragans et la nécessité d'une surveillance à long terme afin de distinguer clairement les effets à long terme.

Références bibliographiques :

Grigg R.W., 1995. Coral Reefs. 14 : 253-266.

Mots clés: rejets urbains - eutrophisation - taux de mortalité

Groupe **Madréporaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Stylophora pistillata*

Localisation d'étude :

géographique Mer Rouge - Aqaba

bathymétrique Non précisé

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet urbain.	Taux de mortalité des colonies de Stylophora pistillata près du rejet.	Observation sur transects et quadrats.

Principaux résultats : L'apport massif de phosphates dans le milieu marin ("eutrophisation") entraîne une inhibition de la calcification des colonies de madréporaires et une augmentation de la biomasse algale benthique au détriment des coraux.

Références bibliographiques :

Walker D.I. et Ormond R.F.G., 1982. Mar. Poll. Bull. 1 : 21-25.

Caractère opérationnel du groupe:

MADREPORAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	1	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	5		
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	3	Détergents, HAP, pesticides	
	inorganiques:	3	Métaux lourds (Fe, Cd, Zn)	
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	3	HSP 70, induction de cytochrome P450	
	physiologiques:	3	Implication des zooxanthelles symbiotiques dans les processus de détoxification	
	morphologiques:	3	Phénomène de blanchissement des colonies de Madréporaires.	
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		5		

Synthèse critique du groupe : MADREPORAIRES

Points forts :

En région tropicale, les bioconstructions formées par les madréporaires (récifs coralliens) et leur richesse spécifique sont utilisés localement (Australie) dans un réseau de surveillance de la qualité du milieu marin en tant qu'indicateurs écologiques. On peut envisager dans d'autres pays tropicaux leur intégration dans ce type de réseau en tant qu'indicateur écologique, de bioaccumulateurs ou par l'intermédiaire de biomarqueurs.
Leur utilisation comme bioindicateurs permet d'appréhender la qualité du milieu marin dans une large tranche bathymétrique allant de la surface jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

Limites:

Les limites d'utilisation des madréporaires dans un réseau de surveillance du milieu marin sont liées aux zones tempérées. Dans ces régions (Atlantique, Manche, Méditerranée), les données disponibles (indices écologiques, bioaccumulateurs, biomarqueurs) ne permettent pas d'envisager pour l'instant l'utilisation de ces organismes comme bioindicateurs dans un réseau de surveillance.
En milieu tropical, l'interaction entre phénomènes climatiques exceptionnels, évènements météorologiques de forte intensité (ouragan, cyclone) et exposition à des polluants demandent une certaine prudence dans l'interprétation des résultats concernant les indications écologiques liés à l'abondance et le recouvrement spécifique.

Commentaires:

En zone tempérée, des recherches complémentaires concernant les espèces formant des peuplements relativement denses près de la surface seraient nécessaires afin de préciser le degré d'opérationnalité (bioaccumulateurs et biomarqueurs) de ce groupe dans un réseau de surveillance de la qualité du milieu marin.
Parmi ces espèces, on peut citer : Cariophyllia sp., Balanophyllia europea, Leptosamnia pruvotii, Sargatia elegans. Néanmoins, leur identification nécessite, pour certaines, des connaissances taxonomiques pointues.
Enfin, l'emploi de biomarqueurs biochimiques chez les madréporaires dans le cadre d'une réseau de surveillance nécessite, cependant, des recherches complémentaires afin d'en préciser les limites d'utilisation.

Cahier N° : 8

AUTRES CNIDAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés - Hydraires, Alcyonaires, Cérianthaires.

Photo ci-contre :

Alcyon (Alcyonium acaule) caractéristique des fonds coralligènes de Méditerranée (Ph. J-G Harmelin).

Distribution

géographique	Les Hydraires, Alcyonaires et Cérianthaires sont largement répartis
bathymétrique	Ils sont distribués de la zone intertiale au bathyal. Cependant, toutes les espèces ici présentées se rencontrent entre 0 et 20 mètres
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs et substrats meubles

Biologie

nutrition	Filtreur passif
reproduction	Sexuée pour les Alcyonaires et les Cérianthaires. Phase de reproduction sexuée et asexuée alternant chez les Hydraires
durée de vie	Inconnue pour les Alcyonaires et les Cérianthaires. Durée de vie courte (annuel) pour la plupart des Hydraires

Approches

Indicateurs écologiques ☐

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☐
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: déblais de dragages portuaires - cérianthaires -analyse histopathologique

Groupe **Autres Cnidaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cérianthaires : Ceriantheopsis americanus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : USA (Long Island)

bathymétrique -10m

milieu Fond meuble

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets de déblais de dragages portuaires.	Analyse histopathologique.	Etude au microscope optique de coupes histologiques après coloration.

Principaux résultats : Plusieurs caractères morphologiques (malformations du tube) et histopathologiques (nécroses, accumulations de débris cellulaires) sont directement corrélés à des rejets de déblais de dragage portuaires dans le milieu marin. Un an après l'arrêt de ces rejets, on note une amélioration marquée de l'état de santé des Cérianthes.

Références bibliographiques :

Peters E.C. et Yevich P.P., 1989. Dis. Aquat. Org. 7(2) : 137-148.

Mots clés: test de toxicité - hydrocarbures aliphatiques et aromatiques - TBT - métamorphose larvaire

Groupe **Autres Cnidaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Hydraire : Hydractinia echinata*

Localisation d'étude :

géographique Lieu de prélèvement des hydraires non précisé (espèce distribuée de l'Arctique au Maroc)

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu Non précisé

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Test de toxicité des alcools, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, thiophènes, TBT et pétrole brut.	Métamorphose des larves d'hydraires (planula) en fonction de la concentration des polluants.	Examen morphologique des larves au microscope optique.

Principaux résultats : L'ensemble des composés testés entraîne une inhibition de la métamorphose des larves d'hydraires. D'une manière générale, cette inhibition est d'autant plus marquée que le coefficient de partage octanol / eau augmente.

Références bibliographiques :

Chicu S.A. et Berking S., 1997. Chemosphere. 34(8) : 1851-1866.

Mots clés: Toxicité au Cuivre et au Cadmium - Hydraires - taux de croissance

Groupe **Autres Cnidaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Hydraire : Campanularia flexuosa*

Localisation d'étude :

géographique Manche : Grande Bretagne (Plymouth)

bathymétrique Expérimentation in vitro, profondeur de prélèvement non précisée

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Toxicité du cuivre et du cadmium.	Croissance des colonies d'hydres.	Observations au microscope optique et à la loupe binoculaire.

Principaux résultats : L'exposition séparée au cuivre et au cadmium entraîne un ralentissement de la vitesse de croissance des hydraires. En revanche, les résultats obtenus après une exposition combinée montre qu'il existe des effets antagonistes entre ces deux métaux lourds qui limitent cette réponse.

Références bibliographiques :

Stebbing A.R.D, Santiago-Fandino V.J.R., 1983. Aquat. Toxicol. 3(3) : 183-193.

Mots clés: pétrole brut - alcyonaires - métamorphose des larves

Groupe **Autres Cnidaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Alcyonaire : Heteroxenia fuscescens*

Localisation d'étude :

géographique Mer Rouge-Eilat

bathymétrique Expérimentation in vitro menée à partir d'alcyonaires prélevés entre -5 à -12m

milieu Récif corallien

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à différentes concentrations de pétrole brut.	Métamorphose des larves (planula).	Observation au microscope optique des caractères morphologiques des larves .

Principaux résultats : De faibles concentrations en pétrole brut (0,1ppm) entraînent une inhibition de la métamorphose des planula et des malformations des colonies d'alcyons néoformées. Ces résultats permettent d'envisager l'utilisation de ces octocoralliaires comme indicateur de l'impact de la pollution par le pétrole, en environnement tropical et subtropical.

Références bibliographiques :

Kushmaro A., 1997. Mar. Env. Res. 43(4) : 295-302.

Caractère opérationnel du groupe:

AUTRES CNIDAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	5	abondance ☐ richesse spécifique ☐	
	d'un ou plusieurs taxons :			
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	5		
	inorganiques:	5		
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	5		
	physiologiques:	5		
	morphologiques:	3	Chez les Hydraires et Alcyonaires : métamorphose des planula; Chez les Cérianthaires : histopathologie	
	comportementaux:	5		
Existence de Biotests		5		

Synthèse critique du groupe : AUTRES CNIDAIRES

Points forts :

En milieu tempéré comme en milieu tropical, les trois groupes de cnidaires présentés dans ce cahier (Alcyonaires, Cérianthaires, Hydraires) vivent dans un nombre varié de milieux. Ces groupes permettent d'appréhender la surveillance du milieu marin aussi bien en substrats meubles qu'en substrats durs à partir de biomarqueurs morphologiques simples à mettre en œuvre dans le cadre d'un réseau de surveillance.

Limites:

En ce qui concerne les Hydraires, leur utilisation nécessite des compétences taxonomiques pointues pour déterminer les espèces suivies en routine dans le cadre d'un réseau de surveillance. L'utilisation des Alcyonaires et des Cérianthaires est limitée en raison de la faible densité généralement rencontrée. Seuls des biomarqueurs physiologiques et morphologiques ont été étudiées jusqu'à présent. La bioaccumulation de micropolluants n'a pas été mise en évidence pour l'instant chez ces organismes.

Commentaires:

L'intégration des Hydraires dans un réseau de surveillance de la qualité du milieu marin nécessite d'entamer de nombreuses recherches concernant l'identification de biomarqueurs de génotoxicité et de biomarqueurs biochimiques. Néanmoins, comme nous l'avons signalé précédemment, l'utilisation d'hydraires comme bioindicateurs nécessite des compétences taxonomiques pointues qui se concilient difficilement avec la mise en place de mesures de surveillance in situ en routine. De plus, il faut noter la faible densité générale des alcyonaires et des cérianthaires dans les biocénoses marines.

Cahier N° : 9

BIVALVES

Description :

Animaux - Invertébrés - Mollusques

Photo ci-contre :

Mytilus galloprovincialis est une espèce de mollusques bivalves couramment utilisée par les réseaux de bio-surveillance. On peut utiliser les populations sauvages ou des spécimens transplantés (Ph. J. Vacelet).

Distribution

géographique	Très large distribution
bathymétrique	Large distribution, mais les espèces présentées ici sont généralement localisées en zone intertidale ou sous quelques mètres d'eau
milieu(x) occupé(s)	Tout type d'habitats

Biologie

nutrition	Filtreurs actifs
reproduction	Sexuée
durée de vie	Certains peuvent vivre de nombreuses années (ex : Grande Nacre, Bénitier), mais les espèces généralement utilisées vivent peu de temps

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☑
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

Réseau National d'Observation (RNO, France)
National Status and Trends Program (NS&T, Etats Unis)
National Monitoring Plan (NMP, Royaume Uni)
…

Mots clés: accumulation - métaux lourds - expérimental

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (estuaire de la Loire - France)

bathymétrique zone intertidale

milieu Cultures (tables à moule) et expériences en aquarium

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Proximité d'un estuaire pollué par les métaux lourds.	Cd, Pb, Zn, Cu.	Prélèvements mensuels. Dissection des organes pour analyses spécifiques (masse viscérale, branchies, palpes labiaux et reste) en SAA flamme et SAA four.

Principaux résultats :

Dans des conditions modérées de contamination, les concentrations en Cd, Zn et Pb sont globalement similaires dans tous les organes. Le Cu est observé en plus forte concentration dans la masse viscérale. Les plus fortes concentrations dans les tissus sont observées en hiver et au printemps, qui correspondent aux périodes de plus petites charges pondérales. Ces variations saisonnières dues au métabolisme des moules sont masquées par des apports importants et ponctuels. Les moules sont donc bien appropriées à l'étude de phénomènes à court terme. En aquarium, lorsque les moules sont exposées à de fortes concentrations en métaux, elles restent capables de maintenir leurs concentrations initiales sur une période de 2 à 4 jours. Ensuite, on observe une forte accumulation jusqu'à un équilibre. Dans ces conditions de sévère contamination, le Cd est plus concentré dans les branchies et dans les palpes que dans le reste du corps de l'animal. Même observation pour le Zn, mais la concentration de ce dernier est régulée, même par forte contamination. Ainsi, lors d'une contamination modérée, les éléments étudiés sont répartis équitablement dans toutes les parties du corps, mais des variations peuvent être dues au métabolisme de la moule (période de reproduction). Lors de contaminations plus sévères, la répartition des métaux dans les tissus de l'animal n'est plus homogène.

Références bibliographiques :

Amiard J.C. et al., 1986. Mar. Biol. 90 : 425-431.
Amiard-Triquet C. et al., 1986. Mar. Biol. 92 : 7-13.
Phillips D.J.H., 1976. Mar. Biol. 38 : 59-80.

Mots clés: accumulation - Cd - shell-wt index

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Mer Baltique

bathymétrique 6 mètres

milieu Cultures expérimentales in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds.	Rapport entre le Cd dissous dans l'eau de mer et le Cd bioaccumulé.	Cultures durant deux mois. Dosage en SAA flamme. Résultats exprimés à la fois en rapport du poids sec de l'animal et du poids de sa coquille.

Principaux résultats :

Détermination d'un indice appelé "Cd/shell-wt index" qui exprime les concentrations en cadmium dans l'animal par rapport au poids de sa coquille.
Contrairement aux valeurs rapportées au poids sec des tissus, cet index est directement proportionnel à la concentration en Cd dissous dans l'eau de mer. Sur le terrain, il traduit exactement les mêmes tendances que le Cd dissous. Il élimine la variabilité saisonnière due à l'état physiologique de la moule.
Le Cd et le Zn ont des propriétés chimiques similaires. La moule ne donne pas une bonne image de la contamination par le Cd quand il existe beaucoup de Zn dans le milieu.

Références bibliographiques :

Fischer H., 1983. Mar. Ecol. Prog. Ser. 12 : 59-75.
Fischer H., 1988. Mar. Ecol. Prog. Ser. 48 : 163-174.
Fischer H., 1989. Mar. Ecol. Prog. Ser. 59 : 159-169.

Mots clés: accumulation - métaux lourds - nutrition

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds.	Taux d'assimilation de différents éléments métalliques en fonction de la qualité de la nourriture (phytoplancton).	Marquage radioactif de la culture algale contaminée par les métaux. Mesure de la radioactivité après incubation.

Principaux résultats :

La qualité protéique de la nourriture n'affecte pas l'assimilation d'éléments traces.
Par ces expériences, il a été mis en évidence la compétition entre le Zn et le Cd. Le Zn est régulé par les moules, ce qui implique une diminution du taux d'assimilation lorsque sa charge augmente dans la culture algale. Par contre l'assimilation d'un élément comme le Se est indépendante de sa concentration dans les algues. Ainsi, les moules répondent spécifiquement aux variations de concentration en éléments traces dans les algues phytoplanctoniques.
Ces expériences ont aussi permis d'observer que les métaux contenus dans la nourriture se retrouvent dans les tissus de la moule alors que ceux qui sont dissous sont accumulés dans la coquille. Certains métaux peuvent être aussi rapidement éliminés dans les fèces et être transférés vers les sédiments. Ces organismes jouent donc un rôle dans le cycle biogéochimique des éléments traces.

Références bibliographiques :

Fischer H., 1988. Mar. Ecol. Prog. Ser. 48 : 163-174.
Fischer H., 1989. Mar. Ecol. Prog. Ser. 59 : 159-169.
Fisher N.S. et al., 1996. Environ. Sci. Technol. 30 : 3232-3242.
Wang W.X. & Fisher N.S., 1996. Mar. Biol. 125(4) : 715-724.
Wang W.X., 1997. Environ. Sci. Technol. 31 : 603-611.

Mots clés: accumulation - comparaison - Pb - nacre

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mya arenaria*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par le plomb. Origine urbaine et industrielle.	Dosage du Pb dans la nacre et comparaison avec le Pb associé au matériel particulaire et le Pb dissous.	Torche à plasma. SAA four.

Principaux résultats :

La concentration du Pb dans la nacre de la moule est bien corrélée avec la concentration dans les matières en suspension. Généralement, la concentration dans la nacre est 10 fois moins importante que dans les tissus. Les fluctuations du poids, en rapport avec la reproduction de l'animal ou un état physiologique particulier, sont responsables des variations de concentration dans les tissus. A priori, la coquille n'est pas affectée par l'état physiologique de la moule. Les variations de Pb dans les tissus ne sont pas retranscrites dans la nacre. Autres avantages de l'utilisation de la nacre, il n'est ni nécessaire de faire subir avant le dosage une période de dépuration aux moules, ni d'avoir des échantillons congelés.

Le Pb dissous est concentré 10000 fois dans la coquille du bivalve M. arenaria. Une bonne corrélation est démontrée entre le Pb dissous et sa concentration dans la coquille. Une relation est proposée :
Pbs (nmol/g) = [(9,99 ± 1,18) * Pbw (nmol/kg)] - 0,05 ; où Pbs = Pb dans la coquille et Pbw = Pb dissous.
Des coquilles fossilisées de cette même espèce, vieilles de 1600 ans, ont été dosées, et montrent que le niveau de contamination d'alors était 25 à 50 fois moindre qu'actuellement.

Références bibliographiques :

Bourgoin B.P., 1990. Mar. Ecol. Prog. Ser. 61(3) : 253-262.
Fischer H., 1983. Mar. Ecol. Prog. Ser. 12 : 59-75.
Fischer H., 1988. Mar. Ecol. Prog. Ser. 48 : 163-174.
Luten J.B. et al., 1986. Toxicol. 36 : 770-777.
Pitts L.C. & Wallace G.T., 1994. Estuar. Coast. Shelf Sci. 39(1) : 93-104.
Puente X. et al., 1996. Sci. Total Environ. 183 : 205-211.
Ritz D.A. et al., 1982. Aust. J. mar. Freshwat. Res. 33 : 491-506.

Mots clés: accumulation - transplantation - métaux lourds -

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Italie) et Atlantique (Espagne)

bathymétrique 1 mètre

milieu stations artificielles de moules - cultures en laboratoire

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Forte pollution par les métaux lourds.	Cu, Zn, Fe, Mn, Pb.	Analyse de la glande digestive séparément des autres organes en SAA flamme.

Principaux résultats :

Les moules transplantées depuis des zones propres vers des secteurs pollués ont fortement accumulé Pb, Fe et Mn, et atteint un équilibre en deux semaines. Par contre Cu et Zn ne sont pas accumulés. Soit il n'existe pas de différences significatives entre les niveaux de contamination des deux sites, soit ces élements sont régulés par les moules.

La distribution dans les organes est spécifique des différents éléments traces. La même fraction sub-cellulaire est impliquée dans l'accumulation et le relargage des métaux. Le siège de l'accumulation des métaux est lié aux mécanismes de détoxication, et ainsi à la distribution et à l'abondance des cellules impliquées dans la synthèse de ligands moléculaires tels que les métallothionéines.
Ainsi, il est suggéré de doser les métaux dans la glande digestive et d'utiliser l'indice métal/shell-weight (cf. fiche 2).

Références bibliographiques :

Regoli F. & Orlando E., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(10) : 592-600.
Soto M. et al., 1997. Sci. Total Environ. 198(2) : 149-160.

Mots clés: accumulation - métaux lourds - transplantation - estuaire

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (mer Adriatique, estuaire de la rivière Krka)

bathymétrique 5-6 mètres

milieu stations artificielles de moules en pleine eau

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Estuaire modérément pollué par les métaux lourds.	Zn, Pb, Cd, Cu.	Culture durant 270 jours, puis dosages en SAA flamme et four.

Principaux résultats :

Les résultats sont bien homogènes et reproductibles, et suggèrent d'employer les stations artificielles dans les programmes de Mussel Watch.
Globalement les concentrations en métaux augmentent avec la masse viscérale et l'âge de la moule. Les moules transplantées ont bien accumulé du Zn et du Pb. La concentration en Pb dans la moule est corrélée avec le Pb dissous, mais pas le Zn. Les variations de concentration dans l'eau du Cd et du Cu n'ont pas d'incidence sur les teneurs dans la moule.

Références bibliographiques :

Martincic D. et al., 1992. Sci. Total Environ. 119 : 218-230.

Mots clés: accumulation - métaux lourds - algues - comparaison - transplantation

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Fucus serratus (algue)*

Localisation d'étude :

géographique Mer d'Irlande (Ile de Man)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Forte contamination d'une rivière par les métaux lourds Pb et Zn.	Pb, Zn, Cu, Cd.	Dosages de moules sauvages et transplantées durant 3 mois en SAA flamme. Comparaison avec l'accumulation dans les algues.

Principaux résultats :

Après 3 mois de culture, les moules transplantées offrent la même image que les moules sauvages, et montrent donc que l'on peut utiliser cette technique quand des specimens sauvages sont absents de la zone à évaluer. L'algue et la moule accumulent bien les métaux, et répondent globalement de la même façon au gradient de pollution. L'algue est toutefois moins performante avec le plomb, probablement parce qu'elle accumule les sources dissoutes de métaux, et que le Pb est plus important dans la fraction particulaire. Ces expériences montrent comment deux organismes dont le trophisme est différent peuvent se compléter pour une bonne évaluation de la qualité de l'environnement.

Références bibliographiques :

Gibb, J.O.T. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull 32 (6) : 513-519.

Mots clés: métaux lourds - PCB - transplantation - port - comparaison

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Modiolus demissus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Etats Unis)

bathymétrique zone intertidale

milieu expérience sur roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution d'origine portuaire	PCB, Cu, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn.	Transplantation des deux espèces durant 2 mois, et analyse en chromatographie gazeuse (PCB) et à la torche à plasma (métaux).

Principaux résultats :

L'accumulation de contaminants dans les espèces transplantées est comparée avec les concentrations dans les populations sauvages de Modiolus.
80 % de Mytilus sont mortes après 28 jours d'expériences, à un moment où la température a dépassé les 25°C.
Après 28 jours, les concentrations en PCB des deux espèces transplantées ne sont pas statistiquement différentes de celles des specimens sauvages de Modiolus. Cd et Pb sont significativement plus concentrés dans les peuplements sauvages de Modiolus que dans les spécimens transplantés.
Pb, Cd et Fe sont accumulés de la même façon par les deux espèces. Ni et Zn sont plus importants dans Mytilus. Cu, Cr et Mn sont plus importants dans Modiolus.
Malgré leur courte durée, ces expériences montrent toute la potentialité d'une autre espèce de bivalves que la moule pour la bioévaluation, à la fois par sa présence sur les sites pollués, et sa résistance après transplantation en milieu hostile.

Références bibliographiques :

Nelson W.G. et al., 1995. Environ. Toxicol. Chem. 14(3) : 513-521.

Mots clés: transplantation - DDT - métaux lourds - comparaison - pollution industrielle

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Crassostrea gigas, Perna viridis*

Localisation d'étude :

géographique Hong-Kong

bathymétrique zone intertidale

milieu ferme ostreïcole - culture expérimentale in situ de moules vertes

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eaux côtières connues pour leur sévère contamination par les métaux et les DDT. Population dense, forte industrialisation et non contrôle des rejets.	Cu, Pb, Cd, Zn. DDT et métabolites.	Expérience durant 3 mois, et dosage des huîtres commercialisées. SAA flamme. Chromatographie gazeuse.

Principaux résultats :

Perna viridis est un organisme du fouling. Les résultats des dosages sont similaires à ceux connus des populations sauvages. Cette moule semble particulièrement bien adaptée au suivi des métaux Cu et Pb. Elle a mis en évidence un gradient de pollution dans l'espace, mais aussi des variations dans le temps bien corrélées avec l'activité portuaire. Malgré de fortes concentrations en Cd et en Zn, les moules vertes ne traduisent pas de gradient spatial. Cela s'expliquerait par l'absence d'une source principale de Cd, malgré une très forte pollution globale. Le Cd et les organochlorés sont aussi anormalement concentrés dans les huîtres de consommation et les moules vertes sauvages.
De la même manière que pour la moule bleue (Mytilus edulis), le Zn est régulé. De plus, les pics de concentration en métaux apparaissent après la période de ponte de l'animal.

Références bibliographiques :

Chan H.M., 1989. Mar. Pollut. Bull. 20(2) : 82-86.
Phillips D.J.H., 1989. Mar. Pollut. Bull 20(7) : 319-327.

Mots clés: pollution urbaine - industrielle - métaux lourds - comparaison

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Modiolus capax, Mizuchopecten yessoensis, Crenomytilus grayanus, Modiolus kurilensis*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Golfe de Californie (M. capax) et Mer du Japon (autres bivalves)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine et industrielle. Température et salinité fluctuante dans le golfe de Californie.	As, Se (Californie) Zn, Cu, Pb, Cd (mer du Japon)	SAA flamme avec générateur d'hydrure pour As et Se.

Principaux résultats :

Les espèces des genres Modiolus et Crenomytilus sont les meilleures pour suivre les métaux lourds. Ces espèces ont des durées de vie plus longues que les moules utilisées dans les programme de monitoring. Tout comme Mytilus, Crenomytilus présente des variations saisonnières dues au métabolisme pour les éléments Zn, Cu et Cd.
Chez Modiolus capax, ces variations ont été éliminées en séparant les gonades de l'animal du reste du corps. Dans le golfe de Californie, la proximité de l'estuaire du Colorado implique des variations de salinité de 35 à 36, et de température de 9 à 22°C. Modiolus capax accumule mieux As et Se lorsque la température de l'eau est chaude et lorsque la salinité plus basse.

Références bibliographiques :

Gutierrez-Galindo E.A. et al., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(5) : 330-333.
Shulkin V.M. & Kavun V.I.A., 1995. Mar. Pollut. Bull. 31(4-12) : 330-333.

Mots clés: accumulation - hydrocarbures polyaromatiques

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée, Atlantique et mer Baltique

bathymétrique zone intertidale

milieu roche et cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Origine diverse. Pollution par les hydrocarbures.	Hydrocarbures polyaromatiques et métabolites (HAPs).	GC-MS (Chromatographie couplée à un spectromètre de masse). HPLC.

Principaux résultats :

Par rapport aux poissons qui ont des capacités de biotransformation plus grandes (via le foie), les moules concentrent des métabolites plus lourds. Les différences de comportement vis-à-vis des HAPs sont expliquées par les préférences d'habitats, de profondeurs, et les modes de nutrition.
Globalement, les moules accumulent les hydrocarbures en fonction de leur disponibilité dans l'environnement. Généralement, elles donnent les mêmes gradients de pollution que les dosages dans les sédiments. Lorsqu'elles sont transplantées en milieu propre, la majeur partie des HAPs est rapidement éliminée par les fèces, mais des résidus persistent très longtemps. Le contenu lipidique des moules affecte leur capacité à éliminer les métabolites, et conditionne leur bioconcentration.

Références bibliographiques :

Baumard P. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(8) : 577-586.
Baumard P. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(12) : 951-960.
D'Adamo R. et al., 1997. Mar. Chem. 56 : 45-49.
Naes K. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 45(2) : 193-207.
Rantamäki P., 1997. Chemosphere 35(3) : 487-502.

Mots clés: aires tropicales - mangrove - hydrocarbures polyaromatiques - PCB - DDT

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Anamalocardia brasiliana, Crassostrea rhizophorae*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique sub-tropical (Brésil)

bathymétrique zone intertidale

milieu substrat meuble (A. brasiliana) et mangroves (C. rhizophorae)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine.	PCB, DDT, HAPs.	Chromatographie gazeuse. Fluorescence UV.

Principaux résultats :

L'Huître Crassostrea rhizophorae est un bon organisme sentinelle de la qualité des eaux dans les mangroves. Elle répond bien aux gradients de pollution, et accumule de grandes quantités de polluants organiques.
La coque Anamalocardia brasiliana est le mollusque bivalve le plus répandu sur les côtes du Brésil. C'est un filtreur qui vit la majeur partie de son temps dans 5 cm de sédiment. Cette espèce donne aussi une bonne image des niveaux de contamination. Elle est donc proposée pour la mise en place d'un programme de monitoring au Brésil, pourvu que l'on teste au préalable son comportement vis-à-vis d'autres types de polluants, et en particulier des métaux lourds.

Références bibliographiques :

Tavares T.M. et al., 1988. Mar. Pollut. Bull. 19(11) : 575-578.

Mots clés: accumulation - TBT

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Crassostrea gigas, Crassostrea virginica*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée et Pacifique (mer de Corée et Golfe du Mexique)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds.	Tributylétain (TBT), Dibutylétain (DBT), Triphénylétain (TPT).	Chromatographie gazeuse.

Principaux résultats :

En comparaison des poissons, les valeurs de TBT dans les mollusques bivalves sont beaucoup plus importantes. Certains composés, et en particulier le TPT, ne sont observés que dans les tissus des bivalves, démontrant ainsi une capacité de biotransformation du TBT.
Le facteur de concentration des organostanniques dans Crassostrea gigas est de 25000.
Un suivi du TBT dans les bivalves a été appliqué aux Etats Unis avec l'espèce autochtone Crassostrea virginica. Les variations de concentration, liées aux activités maritimes, requièrent une surveillance continuelle.

Références bibliographiques :

Morcillo Y. et al., 1997. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 32 : 198-203.
Shim W.J., 1998. J. Korean Soc. Oceanogr. 33(3) : 90-99.
Wade T.L., 1991. Mar. Environ. Res. 32 : 233-241.

Mots clés: accumulation - organométalliques - Pb - Hg

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Croatie), Atlantique (Etats Unis)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche et cultures in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds.	Organométalliques : méthyl-mercure et alkyl-plomb.	Chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

Principaux résultats :

Le MeHg associé au sédiment peut être une source de Hg susceptible d'être captée par les bivalves après remise en suspension. Les taux de rétention sont beaucoup plus importants pour le MeHg que pour le Hg inorganique (30 à 80 % plus important). Le facteur de concentration du MeHg est deux fois plus important que celui du Hg.
Les alkyl-Pb sont concentrés par les moules, et les teneurs sont bien corrélées avec les concentrations dans le matériel particulaire de l'eau de mer.
Les moules apparaissent donc capables de donner une bonne image des niveaux de contamination par les organométalliques.

Références bibliographiques :

Mikac N. et al., 1996. Environ. Sci. Technol. 30 : 499-508.
Gagnon C. & Fisher N.S., 1997. Environ. Sci. Technol. 31: 993-998.

Mots clés: RNO - bilan

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus californianus, Crassostrea virginica, Crassostra gigas*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique et Atlantique, 280 points sur le littoral des Etats Unis

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution d'origine diverse.	Métaux lourds, TBT, organochlorés et hydrocarbures polyaromatiques.	SAA flamme et four (métaux). SAA vapeur froide (Hg). Chromatographie gazeuse et liquide (contaminants organiques).

Principaux résultats :

Bilan de 28 années de Mussel Watch sur les côtes des Etats Unis (1965-1993).
Les polluants organiques (PCB, DDT et HAPs) ont toujours été en plus forte concentration dans les zones tropicales et sub-tropicales.
Excepté pour la côte de Californie, la contamination par les composés organochlorés a considérablement diminué.
On observe une sérieuse régression dans l'environnement des contaminants suivants : Pb, Cd, Ag, PCB, DDT et divers pesticides.
Aucune tendance particulière n'est observée pour les HAPs, le Ni et le Zn.
Par contre, les concentrations en Cu sont encore en hausse dans certaines stations.

Ces tendances sont expliquées par une meilleure épuration des eaux urbaines et industrielles, mais une augmentation du traffic maritime. Il est à noter que les métaux Pb et Ag dans les moules sont de bons traceurs de pollution urbaine.

Références bibliographiques :

Beliaeff B. et al., 1997. Environ. Sci. Technol. 31 : 1411-1415.
Cantillo A.Y. et al., 1997. Mar. Pollut. Bull. 34(7) : 511-521.
Lauenstein G.G. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 37(1-2) : 6-13.
Martin M. et al., 1988. Mar. Pollut. Bull. 19(10) : 512-520.
O'Connor T.P, 1996. Mar. Environ. Res. 41(2) : 183-200.
Sericano J.L. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull. 31(4-12) : 214-225.
Stephenson M.D. & Leonard G.H., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(3) : 148-153.

Mots clés: mussel watch - bilan

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis, Crassostrea gigas*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée et Atlantique, 110 stations sur le littoral français

bathymétrique zone intertidale

milieu divers

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution d'origine diverse.	Cr, Cd, Pb, Cu, Zn, PCB, DDT, DDD, DDE, HAPs.	SAA flamme et four. Chromatographie gazeuse et HPLC.

Principaux résultats :

Bilan de 10 ans de Mussel Watch, dans le cadre du RNO.
La nature permanente de ce réseau de surveillance a permis d'acquérir de bonnes connaissances des niveaux de contamination des côtes françaises et d'identifier la présence de points chauds.

Les points chauds pour le Cd sont dans l'estuaire de la Gironde.
Pour les PCB, ils sont dans la baie de Seine. Il s'agit d'ailleurs du plus haut niveau de contamination d'Europe.
La plus forte contamination par le Cr est enregistrée dans l'estuaire de la Loire, et non pas dans les régions hautements industrialisées du Rhône et de la Seine. Ces dernières connaissent les plus hauts niveaux de contamination par les hydrocarbures polyaromatiques.
Les plus fortes concentrations en Pb sont observées au débouché des estuaires, mais aussi sur tout le littoral méditerranéen.

Références bibliographiques :

Chiffoleau J.F. & Bonneau C., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(7) : 458-460.
Claisse D., 1989. Mar. Pollut. Bull. 20(10) : 523-528.
Cossa D., 1989. Oceanol. Acta 12(4) : 417-432.

Mots clés: mussel watch - australie - bilan

Groupe **Bivalves** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Donax deltoides*

Localisation d'étude :

géographique Océanie (Australie, 5 sites dans la région de Victoria)

bathymétrique zone intertidale et colonne d'eau entre 10-18 m (cultures)

milieu substrats rocheux et meuble et culture in situ (1 mois)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Proximité d'une grande ville et d'un port.	Cd, Cu, Pb, Zn, Hg, As. Organohalogènes et organochlorés.	SAA flamme et four (métaux). SAA vapeur froide (Hg). Chromatographie gazeuse et organo-halogen analyser.

Principaux résultats :

Bilan de la mise en place d'un programme de surveillance régional sur 3 années (1992-1994, région de Victoria, sud de l'Australie).
Les concentrations mesurées dans les moules transplantées sont similaires à celles connues des populations sauvages et des sédiments. Les plus fortes concentrations sont enregistrées à proximité du site portuaire.
Malgré la proximité d'une zone de rejet, il n'existe pas d'accumulation évidente d'organochlorés ou organohalogènes. Il n'existe pas de nette tendance spatiale ou temporelle.
Pour la majorité des métaux, il n'existe pas non plus de nette tendance spatiale ou temporelle. Les concentrations en As sont significativement différentes entre les différentes stations, la station de référence présentant la plus forte concentration. Pour cet élément, on n'observe pas d'évolution dans le temps.

Références bibliographiques :

Haynes D. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull. 30(7) : 463-469.
Haynes D. et al., 1997. Mar. Pollut. Bull. 34(5) : 326-331.
Haynes D. & Toohey D., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(5) : 396-399.
Phillips D.J.H., 1976. Mar. Biol. 38(1) : 71-79.
Richardson B.J., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(6) : 392-396.

Mots clés: métallothionéines - Cd

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (France, Portugal)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche et tables à moules

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn).	Metallothionéines (MTs).	Méthode polarographique (DDP).

Principaux résultats :

Une relation est proposée entre les concentrations en Cd dans les tissus, et l'expression de métallothionéines: MTs(mg/g)=0,0045 x Cd(µg/g) + 3,03. R = 0,803.
La mise en place d'un programme pilote utilisant les métallothionéines a permis de déterminer un bon gradient spatial bien corrélé avec le Cd et le Cu.
Il est nécessaire au préalable de déterminer le rapport "signal / bruit de fond". Même en utilisant des moules d'un même classe de taille, l'expression de MTs montre des variations saisonnières liées à l'état physiologique de l'animal. Dans l'optique d'une utilisation des MTs comme biomarqueur de pollution, il apparaît donc que les changements saisonniers du métabolisme général de la moule limite l'efficacité de la procédure, au moins à certaines périodes de l'année (automne pour les espèces présentées). De plus, il est recommandé de faire des suivis annuels, afin de valider les premières observations, et d'utiliser la glande digestive du bivalve.

Références bibliographiques :

Langston W.J. et al., 1989. Mar. Environ. Res. 28 : 195-200.
Bebianno M.J. & Machado L.M., 1997. Mar. Pollut. Bull. : 348 : 666-671.
Amiard J.C. et al., 1998. J. Rech. Oceanogr. 23(1) : 25-30.

Mots clés: métallothionéines - stabilité lysosomale

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Crassostrea gigas, Crassostrea virginica*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique - Pacifique

bathymétrique zone intertidale

milieu Roche et expérience in-vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux.	Métallothionéines (MTs).	Méthode polarographique (DPP).

Principaux résultats :

Les MTs et les concentrations en métaux sont généralement bien corrélées, sauf sur les sites où les niveaux de contamination sont faibles.
Les concentrations en Zn, Cd et Cu affectent significativement les concentrations en MTs liées au Cd et Zn. Par contre, il n'existe pas d'effets sur les MTs liées au Cu.
Les différences de poids expliquent une bonne partie des variations des niveaux de MTs. La salinité influe aussi l'absorption de métaux et donc l'expression de MTs.
Mesurer les MTs dans les huîtres s'avère être une procédure intéressante, pourvu que l'on tienne compte des mêmes facteurs de variations que pour l'accumulation de métaux. L'expression de ce biomarqueur a été corrélé avec d'autres, tels que la "stabilité lysosomale".

Références bibliographiques :

Mouneyrac C. et al., 1998. Mar. Ecol. Prog. Ser. 162 : 125-135.
Ringwood A.H. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 591-595.
Roesijadi G., 1994. Mar. Environ. Res. 38 : 147-168.

Mots clés: métalloprotéines - Baltique - Cd

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Macoma balthica*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord et Baltique

bathymétrique

milieu substrats meubles et cultures in-vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux.	Métalloprotéines.	Méthode polarographique (DPP).

Principaux résultats :

Ce bivalve contient des métalloprotéines similaires aux métallothionéines. Les niveaux naturels de cette protéine sont similaires à ceux connus des autres invertébrés marins.
Chez cette espèce, la prise de Cd est faible même lors d'une forte contamination. Il semble que les métalloprotéines ici présentes ne soient pas impliquées dans le stockage du Cd. La plupart du Cd est en fait liée à une protéine de haut poids moléculaire (HMW Proteins). Cependant, une augmentation des concentrations en Cd et Cu induit une hausse de l'expression des métalloprotéines. Elles ont probablement aussi un rôle dans les processus de détoxication.
Avec cette espèce aussi, il existe des variations saisonnières dues au métabolisme.

Références bibliographiques :

Langston W.J. et al., 1989. Mar. Environ. Res. 28(1-4) : 195-200.
Hummel H. et al., 1997. Aquat. Toxicol. 38(1-3) : 165-181.
Bordin G. et al., 1997. Mar. Biol. 129(3) : 453-463.

Mots clés: acétylcholinestérase

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Mytilus edulis, Perna perna*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Espagne), Atlantique (France, Maroc)

bathymétrique zone intertidale

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse. Contamination par les pesticides et les organophosphorés.	Acétylcholinestérase (AChE).	Dosage enzymatique en spectrophotométrie.

Principaux résultats :

Les organophosphates et les carbamates inhibent l'activité des cholinestérases. Les suivis dans l'espace effectués montrent un lien étroit entre l'activité AChE et les niveaux de contamination du littoral français.
Sur les côtes espagnoles, des fluctuations saisonnières sont observées et expliquées par des variations de l'activité agricole.
Sur les côtes atlantiques du Maroc, il s'avère que AChE est aussi un bon marqueur de contamination par les pesticides chez le bivalve Perna perna.

Références bibliographiques :

Galgani F. et al., 1992. Oceanol. Acta 15(4) : 355-364.
Escartin E. & Porte C., 1997. Environ. Toxicol. Chem. 16(10) : 2090-2095.
Najimi S. et al., 1997. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 58 : 901-908.

Mots clés: MFO - cytochrome P450 - hydrocarbures polyaromatiques - PCB - DDT

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Espagne)

bathymétrique 0 - 12 mètres

milieu roche

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Contamination par les polluants organiques HAP, PCB, DDT, Lindane.	Enzymes du système "Mixed Function Oxygenase" (MFO) et enzymes anti-oxydantes.	Dosages des polluants et dosages spectrophotométriques des enzymes.

Principaux résultats :

Les dosages chimiques montrent des niveaux de contamination significativement différents entre deux populations sauvages de moules. Cette différence est moins marquée lorsque l'on utilise les marqueurs biochimiques. Aucune différence n'est observée en utilisant les enzymes anti-oxydantes. L'expression du cytochrome P450 est bien corrélée avec les niveaux de contamination par les HAP (r = 0,98) et les PCB (r = 0,71). Une autre enzyme du système MFO, la superoxide dismutase (SOD), présente de bonnes corrélations avec les HAP (r = 0,97) et les PCB (r = 0,79).
Les variations saisonnières des MFO suivent globalement celles des composés organiques dans la moule, et sont donc dues à l'état physiologique de l'animal.

Références bibliographiques :

Solé M. et al., 1995. Sci. Total Environ. 159 : 147-153.
Solé M. et al., 1995. Environ. Toxicol. Chem. 14(1) : 157-164.
Porte C. et al. 1991. Comp. Biochem. Physiol. 100C(1-2) : 183-186.

Mots clés: cytochrome P450 - hydrocarbures polyaromatiques - PCB

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Adriatique)

bathymétrique

milieu cultures in-situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Forte pollution urbaine et industrielle. Contamination par les HAP et les PCB.	Cytochromes P4501A, 2B, 2E, 3A, 4A.	Analyse semi-quantitative par western-blot.

Principaux résultats :

Ces deux études montrent la potentialité de l'emploi du cytochrome P4501A avec des moules transplantées. Trois semaines après la transplantation, il n'existe pas de variations dans l'expression des CYP2B et CYP3A. Par contre, les taux de CYP1A augmente de 63% après le transplant en zone polluée, et atteint le niveau d'expression connu des populations sauvages.

Références bibliographiques :

Livingstone D.R. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39(1-4) : 235-240.
Peters L.D. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 295-299.

Mots clés: MFO - comparaison - moules - poissons - phanérogames

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis et (Serranus cabrilla, Posidonia oceanica)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (stations de prélèvements comprises entre Fos, Monaco et la Corse)

bathymétrique

milieu roche et herbiers de posidonies

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Suivi de la contamination par les hydrocarbures polyaromatiques (HAP).	Enzymes du MFO. Activité EROD (Serranus), benzopyrene oxygenase (BaPMo, moules) et microsomal cinnamic acide 4-hydroxylase (CA4H, Posidonia).	Dosage spectrophotométrique des enzymes.

Principaux résultats :

Les stations les plus contaminées par les HAPs sont situées à proximité de Toulon et Monaco.
L'espèce de poisson étudiée n'est pas présente aux stations les plus contaminées. Sur les autres sites, l'activité EROD est globalement bien corrélée avec le logarithme des concentrations en HAPs dans les sédiments.
L'activité de CA4H dans Posidonia oceanica est corrélée linéairement avec les concentrations en HAPs dans les sédiments.
Dans la moule, toutes les mesures de BaPMo sont fortement corrélées avec le logarithme des concentrations en HAPs dans les sédiments. L'activité de cette enzyme du MFO en zone fortement polluée est 2,5 fois supérieure à celle des stations plus modérément polluées.
Cette application sur différentes espèces bien réparties en Méditerranée montre que les enzymes du MFO peuvent être employées pour surveiller la qualité de l'environnement marin avec des spécimens sauvages.

Références bibliographiques :

Narbonne J.F. et al., 1991. Comp. Biochem. Physiol. 100C(1-2) : 37-42.

Mots clés: génotoxicité - adduits

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique et Méditerranée

bathymétrique

milieu Cultures in-vitro et in-situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Exposition à des composés génotoxiques.	Adduits à l'ADN.	Méthode du post-marquage au 32P.

Principaux résultats :

La contamination par des composés génotoxiques induit la formation d'adduits. Le taux maximum d'adduits n'apparaît pas nécessairement dès le contact. De plus, les adduits peuvent persister longtemps après l'exposition. Cette méthode doit donc être appliquée pour mesurer des effets à long terme. Cependant, les interprétations sont toujours délicates, car il existe des variations individuelles. Une bonne évaluation nécessite l'analyse d'un grand nombre d'individus et d'avoir de bons témoins. En effet, il existe toujours un bruit de fond dû à des adduits naturels sur l'ADN. La technique standardisée peut être adaptée au complexe de polluants étudié. Il est donc absolument nécessaire d'avoir pour chaque dosage un bon contrôle positif, identifiant clairement les adduits, et un bon contrôle du bruit de fond. Des artéfacts peuvent être dus au temps de marquage par le phosphore radioactif et aux méthodes d'extraction. Chaque contrôle doit être soumis à l'intégralité de la préparation de l'échantillon, depuis l'extraction de l'ADN jusqu'au dosage.

Références bibliographiques :

Phillips D.H., 1997. Mutat. Res. 378 : 1-12.
Harvey J.S. et al., 1997. Mutat. Res. 378 : 77-88.
Harvey J.S. & Parry J.M., 1998. Aquat. Toxicol. 40 : 293-308.
Harvey J.S. & Parry J.M., 1998. Mutat. Res. 399 : 31-42.
Kurelec B. et al., 1988. Mar. Environ. Res. 24 : 317-320.
Solé M. et al., 1996. Comp. Biochem. Physiol. 113C(2) : 257-265.

Mots clés: génotoxicité - intégrité - ADN - test comète

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Baie de San Diego)

bathymétrique zone intertidale

milieu cultures in vitro et in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine et portuaire. Contamination par les métaux lourds (Hg, Cu, Zn) et les HAPs.	Intégrité de l'ADN.	Test comète.

Principaux résultats :

Des études de bioaccumulation et de taux de croissance des moules sont effectuées parallèlement au test comète. Ce dernier apparaît moins coûteux et lourd à déployer que les analyses chimiques et morphologiques. Les réponses des moules transplantées sont très rapides avec ce test. Sur le terrain, il confirme le fort niveau de contamination par les HAPs. Des stress non génotoxiques peuvent aussi induire une fragmentation de l'ADN, ou accélérer l'apoptose cellulaire. Ainsi, l'impact des HAPs est d'autant plus important que l'ensoleillement l'est aussi.
Les expériences in vitro montrent que l'âge, la taille ou le régime alimentaire n'influent pas le test comète. En travaillant sur des modèles cellulaires (cellules de branchies), on obtient des réponses beaucoup plus homogènes. De plus, l'ajout de vitamine E à faible dose augmente la sensibilité du test.
Le test comète peut être appliqué à la recherche d'effets d'une large gamme d'altérants, et est beaucoup plus performant en employant des modèles cellulaires in vitro (ex. hépatocytes).

Références bibliographiques :

Steinert S.A. et al., 1998. Mutat. Res. 399(1) : 65-85.
Wilson J.T. et al., 1998. Mutat. Res. 399(1) : 87-95.
Steinert S.A. et al., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 253-259.
Steinert S.A. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 355-358.

Mots clés: génotoxicité - intégrité - ADN - SSF

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Adriatique)

bathymétrique 0-2 mètres

milieu roche et cultures in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Contamination par les HAP.	Intégrité de l'ADN, ratio ADN fragmenté / ADN total.	Méthode de l'élution alcaline et détermination du "Strand Scission Factor" (SSF).

Principaux résultats :

Une heure et demi après une incubation avec deux composés aromatiques, on observe une augmentation du taux de fragmentation de l'ADN en rapport avec les concentrations des contaminants. En fonction du niveau de contamination (durée d'exposition et concentration), les réparations de l'ADN prennent de 48 heures à 5 jours.
Ce type de biomarqueur donne une idée du niveau global de contamination des moules.
L'application in situ montre que l'interprétation des résultats est complexe lorsque l'on a affaire à un cocktail de contaminants peuvant à la fois interragir avec l'ADN, et modifier la synthèse et les réparations. Les variations saisonnières dues au métabolisme ne sont pas significatives.

Références bibliographiques :

Bihari N. et al., 1990. Aquat. Toxicol. 18 : 13-22.
Bolognesi C. et al., 1996. Comp. Biochem. Physiol. 113C(2) : 319-323.
Vukmirovic M. et al., 1994. Mar. Ecol. Prog. Ser. 109 : 165-171.

Mots clés: génotoxicité - micronoyaux

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique 1,5 - 3 mètres

milieu roche et culture in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Contamination par les HAP.	Intégrité de l'ADN.	Induction de micronoyaux.

Principaux résultats :

Le nombre de micronoyaux dans les cellules de branchies augmente avec la concentration en polluants organiques. La fréquence d'apparition de micronoyaux diminue chez les organismes qui ont été longuement exposés. En effet, la détermination de micronoyaux chez des spécimens sauvages n'a pas montré de liens significatifs avec de forts niveaux de contamination. Il vaut donc mieux travailler avec des moules transplantées. Il faut de plus employer des spécimens issus du même site de référence.
Ce test présente un bon potentiel, mais les corrélations avec les niveaux de contamination ne sont pas encore clarifiées. Ce test nécessite donc des investigations complémentaires avant une éventuelle application.

Références bibliographiques :

Burgeot T. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull. 32(1) : 39-46.
Bolognesi C. et al., 1996. Comp. Biochem. Physiol. 113C(2) : 319-323.
Scarpano R. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull. 21(2) : 74-80.
Wrisberg M.N. et al., 1992. Ecotoxicol. Environ. Saf. 23(2) : 191-205.

Mots clés: HSP70 - Cd - TBT

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Choc thermique et exposition au Cd et au TBT.	HSP 70	Western blot

Principaux résultats :

Les moules répondent à un choc thermique (14-31°C) et à une exposition au Cd par une induction de HSP 70. Pour le Cd, le maximum d'expression de la protéine est à 72 heures. D'autres expériences ont montré que les TBT peuvent aussi induire HSP 70. Cependant, pour l'instant, les niveaux d'expression de ce marqueur n'ont pas été corrélés avec les niveaux de contamination.
HSP 70 est aussi exprimée dans les organismes sauvages, leur conférant ainsi la capacité de s'adapter aux variations des conditions environnementales. Les variations saisonnières de salinité et de température influent donc sur les niveaux d'expression d'HSP 70 dans les moules.

Références bibliographiques :

Sanders B. et al., 1988. Mar. Environ. Res. 24 : 207-210.
Bradley B.P. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 397-400.
Smerdon G.R. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 40(4) : 399-407.
Chapple J.P. et al., 1998. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 229 : 53-68.
Brown D.C. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39(1-4) : 181-184.
Steinert S.A. & Pickwell G.V., 1993. Mar. Environ. Res. 35 : 89-93.
Lundebye A.K. et al., 1997. Ecotoxicology 6 : 127-136.

Mots clés: MXR - organochlorés

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Mytilus edulis, Mytilus californianus*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à divers polluants.	Système de Résistance Multixénobiotique (MXR)	Western blot

Principaux résultats :

L'induction de protéines du MXR a été mise en évidence dans les branchies de moules transplantées en milieu contaminé. L'étude de la compétition de différents substrats vis à vis du transporteur MXR de moules a montré son implication dans la défense de l'organisme contre différents contaminants tels que les hydrocarbures et certains pesticides (DDT, DDD, DDE, DCPA). Certains contaminants présents dans l'environnement peuvent au contraire inhiber le système MXR. Ces substances appelées "chimiosensibilisants" doivent faire l'objet d'une surveillance accrue. Ainsi, une exposition des moules à des extraits de sédiments contaminés a montré que le MXR pouvait être inhibé.
L'ensemble de ces résulats indiquent que le système MXR correspond à un mécanisme précoce de protection, pouvant se développer en présence de certains polluants, mais aussi pouvant être inhibé par d'autres. Le système MXR est un potentiel biomarqueur de qualité, mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les liens entre son expression et la nature de la contamination. Ce biomarqueur a d'ailleurs été testé avec succès sur les points du RNO (résultats non publiés).

Références bibliographiques :

Smital T. & Kurelec B., 1998. Mutat. Res. 399 : 43-53.
Cornwall R. et al., 1995. Aquat. Toxicol. 31 : 277-296.
Kurelec B., 1995. Aquat. Toxicol. 33 : 93-103.
Minier C. & Galgani F., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 267-270.
Eufemia N.A. & Epel D., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 401-405.

Mots clés: GST - pollution industrielle - agricole

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Adriatique), Mer du Nord

bathymétrique zone intertidale

milieu roche et culture in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Rejets industriels, agricoles, et d'une tannerie.	glutathion S-transferase (GST).	Chromatographie FPLC (Fast Protein Liquid Chromatography).

Principaux résultats :

Il existe plusieurs isoenzymes GST. Quel que soit le niveau de pollution, les différentes isoenzymes sont toujours exprimées selon les mêmes proportions. On peut donc travailler sur les GST totales.
Après les transplantations, on observe la plus forte activité GST dans les moules les plus proches des rejets industriels. Par contre, les moules transplantées à proximité d'une tannerie ne montrent pas de différences significatives dans l'expression des GST sur le gradient de pollution.
La forte activité GST sur le site industriel peut montrer que ce biomarqueur est spécifique. La non réaction aux effluents de la tannerie montre que les stress généralement oxydatifs n'engendrent pas une hausse de l'activité GST.

Références bibliographiques :

Fitzpatrick P.J. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 241-244.
Fitzpatrick P.J. et al., 1997. Biomarkers 2 : 51-56.

Mots clés: stabilité lysosomale - métaux - organochlorés - hydrocarbures - neutral red

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique, Méditerranée

bathymétrique

milieu roche et cultures in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses (métaux, HAP, PCB, DDT).	Stabilité lysosomale.	Méthode du rouge neutre. Contenu en lipofuschine. Analyse d'images.

Principaux résultats :

Les moules exposées à une pollution urbaine (forte concentration en HAP, PCB, DDT) présentent de fortes modifications du système lysosomal : réduction de la stabilité des membranes lysosomales, des dépôts de lipofuschine et une accumulation de lipides insaturés dans les lysosomes et le cytoplasme.
Des corrélations significatives sont faites entre le temps de marquage et les concentrations dans les tissus en HAP et PCB (r = 0,89 et 0,80 respectivement).
L'emploi de moules transplantées montre aussi que les métaux lourds peuvent réduire la stabilité lysosomale.
Ces différentes observations confirment que le système lysosomal peut être un bon marqueur de la qualité globale de l'environnement. Il est possible d'utiliser des indices de pollution à travers les temps de labélisation et la quantité de lipofuschine accumulée.

Références bibliographiques :

Krishnakumar P.K. et al., 1994. Mar. Ecol. Prog. Ser. 106 : 249-261.
Regoli F. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 84 : 63-69.
Regoli F. & Orlando E., 1993. Sci. Total Environ. Suppl. : 1283-1292.

Mots clés: stabilité lysosomale - neutral red - hydrocarbures

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contaminations diverses.	Stabilité lysosomale.	Méthode du rouge neutre. Contenu en lipofuschine. Analyse d'images.

Principaux résultats :

La stabilité des membranes lysosomales est d'autant plus réduite que le milieu est contaminé. Le contenu en lipofuschine et le nombre de lysosomes tertiaires augmentent avec la contamination. Le test du "rouge neutre" permet de bonnes corrélations entre la stabilité lysosomale et la contamination par les HAPs.
Il faut noter que le système lysosomal peut être déstabilisé lors des périodes d'émersion de l'animal. Par contre, il n'existe pas de variations dues à l'âge de la moule. Mais l'âge influe sur la capacité de récupération de la moule.

Références bibliographiques :

Moore M.N., 1988. Mar. Ecol. Prog. Ser. 46(1-3) : 81-89.
Trembley R. & Pellerin-Massicotte J., 1997. Comp. Biochem. Physiol. 117A : 99-104.
Moore M.N., 1991. Histochem. J. 23 : 495-500.
Lowe D.M. et al., 1995. Aquat. Toxicol. 33 : 105-112.
Hole L.M. et al., 1992. Mar. Environ. Res. 34(1-4) : 75-80.

Mots clés: stabilité lysosomale - métaux - hydrocarbures - analyse d'images

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Espagne)

bathymétrique zone intertidale

milieu culture in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux et les hydrocarbures.	Observation de la structure du système lysosomal.	Réaction cytochimique sur des cryocoupes. Analyse d'images.

Principaux résultats :

L'exposition des moules à des métaux tels que Zn, Cd, Cu cause une augmentation de la taille et de la densité des lysosomes de la glande digestive. Le système lysosomal est aussi modifié après une exposition aux hydrocarbures. L'altération du sytème dépend des doses et des temps d'exposition. Cependant, la relation entre le degré d'exposition et l'intensité de la perturbation n'est pas toujours clairement identifiée.
Sur le terrain, cette méthode descriptive donne de bonnes indications de la qualité globale de l'eau. Des variations saisonnières sont montrées, mais les auteurs ne font pas de liens avec le métabolisme de l'animal.

Références bibliographiques :

Etxeberria M. et al., 1994. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 27 : 338-345.
Cajaraville M.P. et al., 1995. Environ. Toxicol. Water Qual. 10(1) : 1-8.
Marigomez I. et al., 1996. Comp. Biochem. Physiol. 113C : 291-297.
Etxeberria M. et al., 1994. Mar. Pollut. Bull. 30(9) : 599-603.

Mots clés: stabilité lysosomale - neutral red - aires tropicales

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Anadara granosa, Perna viridis, Crassostrea virginica*

Localisation d'étude :

géographique Océan Indien et Pacifique

bathymétrique

milieu cultures in vitro et in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses.	Stabilité lysosomale.	Méthode cytochimique ou rouge neutre. Analyse d'images.

Principaux résultats : Cette technique d'évaluation de la qualité globale de l'environnement a été appliquée chez différentes espèces de régions tropicales ou subtropicales. En particulier, chez la moule verte (Perna viridis), la stabilité lysosomale a été corrélée avec un gradient de pollution, et les concentrations dans les tissus en métaux lourds (Cu, Mn, Zn, Fe).

Références bibliographiques :

Ringwood A.H. et al., 1998. Mar. Ecol. Prog. Ser. 166 : 163-171.
Patel S. & Patel B., 1985. Mar. Biol. 85 : 245-252.
Cheung V.V. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 237-241.

Mots clés: stress sur stress - PCB - Cu - hydrocarbures polyaromatiques

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord et Méditerranée

bathymétrique

milieu roche et culture in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses. Contamination par les PCB, les HAPs et le Cu.	Temps de survie à l'air.	Méthode "Stress on stress".

Principaux résultats :

Exposées durant 6 mois en différentes stations de Mer du Nord, les moules montrent des temps de survie à l'air bien corrélés aux niveaux de contaminations. Les quantités croissantes de HAPs et PCB dans les tissus de moules sont bien corrélées avec les temps de survie. Le Cu a le même effet, et un mélange des trois composés réduit considérablement le temps de survie.
Ce test, peu onéreux et facile à mettre en œuvre, peut être un bon outil pour mesurer la qualité globale du milieu marin, et pour détecter l'impact de la combinaison de différents polluants sur la santé des moules.

Références bibliographiques :

Eertman R.H.M. et al., 1993. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 170 : 179-195.
Viarengo A. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 245-248.

Mots clés: nutrition - respiration - excretion - scope for growth

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord et Méditerranée

bathymétrique

milieu roche et cultures expérimentales

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses.	Taux de nutrition. Taux de respiration. Taux d'excrétion.	Détermination de l'indice Scope For Growth (SFG).

Principaux résultats :

Le SFG est considérablement réduit lorsque l'on se rapproche de la source de pollution. Le SFG est négativement corrélé avec les niveaux de contamination des tissus en hydrocarbures, PCB et DDT. Par contre, il n'existe pas de corrélation avec les métaux lourds.
Les effets inhibiteurs des contaminants peuvent être dans une certaine mesure compensés par les phénomènes d'eutrophisation et d'enrichissement en matière organique. En effet, un enrichissement en matière organique particulaire augmente le SFG.
Cette indice physiologique peut être aussi appliqué avec des organismes transplantés à condition de ménager une bonne période d'adaptation avant les mesures.

Références bibliographiques :

Widdows J. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 43(1-2) : 69-79.
Widdows J. et al., 1995. Mar. Ecol. Prog. Ser. 127(1-3) : 131-148.
Widdows J. & Johnson D., 1988. Mar. Ecol. Prog. Ser. 46(1-3) : 113-121.
Okumus I. & Stirling H.P., 1994. Mar. Biol. 119(1) : 125-132.
Widdows J. & Salked P., 1993. Rapport UNEP 71 : 115-146.

Mots clés: nutrition - respiration - excretion - scope for growth - aires tropicales

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Arca zebra, Perna viridis*

Localisation d'étude :

géographique Mer Caraïbes (Bermudes) et Pacifique (Thaïlande)

bathymétrique

milieu cultures in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine et portuaire.	Taux de nutrition. Taux de respiration. Taux d'excretion.	Détermination de l'indice Scope For Growth (SFG).

Principaux résultats : Ces deux espèces sont transplantées à proximité de deux ports dont les niveaux de pollution sont différents. Les bivalves situés sur les stations à proximité du port modérément pollué ne présentent pas de variations très significatives du SFG. Par contre, en zone plus polluée, le SFG répond significativement aux niveaux de contamination. Il existe des corrélations significatives entre le SFG et les concentrations dans les tissus en Pb, TBT, HAP et PCB. Le TBT et les hydrocarbures sont les contaminants qui ont les plus grands effets sur le SFG.

Références bibliographiques :

Widdows J. et al., 1990. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 138(1-2) : 99-117.
Widdows J., 1995. Res. Bull. Phuket Mar. Biol. Cent. 60 : 95-98.

Mots clés: acides aminés libres - comparaison

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Macoma balthica, Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord, Manche et Atlantique - 6 estuaires entre la France et la Belgique

bathymétrique zone intertidale

milieu substrats meubles et cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses.	Acides aminés libres dans le cytoplasme des cellules (Free Amino Acids, FAA).	Chromatographie liquide. Détermination du contenu en Alanine et du rapport Taurine/Glycine

Principaux résultats :

Les contenus en FAA totaux présentent des différences significatives entre les différentes stations. En général, les acides aminés Alanine (A), Taurine (T) et Glycine (G) représentent 90 % des FAA.
Lorsque le degré de contamination augmente, la concentration en Alanine libre augmente aussi.
Dans des conditions normales, T/G est égal à 2 chez Mytilus et 0,5 chez Macoma. Dans des conditions de stress chronique , T/G varie de 3 à 5 chez Mytilus et de 0,75 à 1,25 chez Macoma. Dans des conditions de stress aigü, T/G est supérieur à 5 chez Mytilus et à 1,25 chez Macoma.

Références bibliographiques :

Hummel H. et al., 1996. Sci. Total Environ. 188 : 233-241.
Hummel H. et al., 1994. Mar. Environ. Res. 38 : 303-312.

Mots clés: test de toxicité - larves - détergents - LAS

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus edulis*

Localisation d'étude :

géographique Mer du Nord (Fjord du Danemark)

bathymétrique

milieu Expériences in vitro et in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les détergents (Linear Alkylbenzene Sulfonate).	Comportement des larves et des plantigrades suite à différents degrés d'exposition aux LAS.	Tests de toxicité en aquarium et en mésocosme sur le terrain. Mesures de LC 50, mesures d'effets sur la nage, la nutrition, la croissance (in vitro), le recrutement et le développement de la population (in situ).

Principaux résultats :

Au laboratoire, la LC 50 des LAS est de 3,8 mg/l après 96 heures d'exposition. Cette concentration reste la même que les larves soient nourries ou non. La nage des larves est affectée à partir d'une concentration de 0,8 mg/l. La vitesse de nage est réduite, et les sillages par la nage sont plus étroits et compacts. Le taux de nutrition est réduit de 50 % à une concentration de 1,4 mg/l, et la croissance moyenne normale est réduite de moitié à 0,82 mg/l après 9 jours d'incubation. L'expérience en mésocosme montre une sévère diminution de l'abondance de la population avec des concentrations en LAS très faibles. Elle est due à la fois à une forte mortalité et à un échec important du recrutement.
En comparant les deux types d'expériences, on voit que les tests effectués en aquarium permettent de s'intéresser à l'individu, offrent une réponse fonction du temps d'exposition et de la concentration en LAS, et non de la ressource alimentaire. Les tests en mésocosme offrent la possibilité d'observer une population dans des conditions presque naturelles, mais les réponses ne sont fonction ni du temps d'exposition ni de la concentration. Les tests in vitro sont plus appropriés à des suivis à court terme, alors que les mésocosmes sont mieux pour des études d'effets à long terme sur des populations.

Références bibliographiques :

Hansen B. et al., 1997. Mar. Biol. 128 : 627-637.

Mots clés: test de toxicité - larves - malformation

Groupe **Bivalves** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mytilus galloprovincialis, Crassostrea gigas*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (dont application à la région de La Rochelle)

bathymétrique

milieu Expériences in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination diverse. Biotests sur de l'eau de mer prélevés en différents sites.	Malformations larvaires.	Récolte d'individus matures et fécondation en milieu contrôlé. Observation des malformations des œufs segmentés, des embryons, des larves D. Calcul d'un taux moyen d'anormalités.

Principaux résultats :

Après la mise au point du biotest, Woelke propose les critères de toxicités suivants :
- moins de 5 % de larves anormales : non toxique.
- de 5 à 15 % de larves anormales : légèrement toxique.
- au-delà de 15 % de larves anormales : toxique.

Lorsqu'on observe 50 % de larves anormales, le seuil létal est atteint.

L'application de ce test à une étude de la toxicité des eaux littorales de la région de La Rochelle montre que la plupart des sites étudiés (20 au total) sont peu ou pas contaminés. Mais les eaux prélevées à proximité d'une ferme piscicole et dans le port de La Rochelle sont toxiques, le seuil létal étant atteint dans le port. Les zones conchylicoles ne sont pas contaminées.

Références bibliographiques :

His E. & Beiras R., 1995. Oceanol. Acta 18(5) : 591-595.
Quiniou F. & Toularastel F., 1991. ICES Council Meeting papers, 8pp.
Quiniou F. & Toularastel F., 1992. Map. Tech. Rep. Ser. 69 : 245-254.
Woelke C.E., 1965. Rep. Pac. mar. fish. Comm. 18 : 33-35.
Woelke C.E., 1972. Wash. Dept Fish Tech. Rept. 9.

Caractère opérationnel du groupe: BIVALVES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	4	abondance ☐ / richesse spécifique ☑	
d'un ou plusieurs taxons :	4	cf. cahier "benthos de substrat meubles".	
Participation à un (des) indice(s) ☐			

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	1	PCB, DDT, DDD, DDE, HAP.
inorganiques:	1	Hg, Cd, Ag, Cr, Pb, Cu, Zn, As, Ni, Mn.
organométalliques:	2	TBT et métabolites.

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	3	Intégrité de l'ADN (élution alcaline et test comète).
biochimiques:	3	Métallothionéines (huîtres), enzymes du MFO.
physiologiques:	2	Stabilité lysosomale (rouge neutre et contenu en liposchine), acétylcholinestérase, scope for growth.
morphologiques:	2	Malformations des larves.
comportementaux:	3	Effets sur la nage et le recrutement des larves.

Existence de Biotests

2	Test "stress on stress" (temps de survie à l'air) sur les adultes, LC 50, comportement et malformations des larves.

Synthèse critique du groupe : BIVALVES

Points forts :

Les bivalves sont considérés par les spécialistes comme étant les organismes sentinelles les plus évidents. Toutes les approches méthodologiques ont été testées, et de ce fait, on connait très bien les limites d'utilisation de ce groupe. Etant des organismes filtreurs performants, tous les types de polluants sont susceptibles d'être accumulés chez les bivalves. Ces organismes ont une large distribution géographique et bathymétrique. Ainsi, ils font partie des organismes les plus importants des études benthiques. Beaucoup de biomarqueurs ont été développés chez ces organismes ; certains sont prêts à être appliqués dans le cadre de réseaux de surveillance. Le côté rudimentaire de ces organismes permet d'appliquer des tests très simples, et peu onéreux, comme le "stress on stress". Aujourd'hui, de nombreuses espèces de bivalves ont été étudiées dans le but d'en faire des organismes sentinelles. Elles peuvent donc être utilisées dans tous les types de milieu, des régions polaires aux tropicales. De plus, il est aussi possible d'utiliser des spécimens transplantés depuis des zones où ils se trouvent en abondance.

Limites:

Ces organismes sont le plus souvent filtreurs. Mais, leur capacité de filtration est limitée par la taille des particules. Une moule, ou une huître ne sont plus efficaces pour des particules inférieures à 2 µm. Les polluants associés à des particules de plus petites tailles ou dissous dans l'eau ne sont donc pas accumulés par ces organismes. De plus, la plupart des bivalves régulent le Zn. Le Zn et le Cd ont des propriétés chimiques très similaires, et l'accumulation du Cd dans les bivalves dépend des teneurs en Zn dans le milieu environnant. De ce fait, l'image que l'on a de la contamination par le Cd à travers les bivalves peut être biaisée. Enfin, les bivalves connaissent un métabolisme très variable avec les saisons. Ces variations affectent considérablement l'accumulation de polluants et l'expression de biomarqueurs spécifiques.

Commentaires:

A ce jour, ce groupe d'invertébrés est le seul à avoir été largement utilisé par les réseaux de surveillance en milieu marin. Les dosages de polluants organiques et inorganiques sont couramment effectués dans le cadre des réseaux de surveillance, et font même l'objet de démarches d'assurance qualité. Ces analyses peuvent être optimisées en appliquant un certain nombre de recommandations. La première est de rapporter les concentrations en métaux au poids de la coquille et non au poids sec de la partie vivante. L'indice "métal / poids de la coquille" permet de s'affranchir d'une partie de la variabilité due au métabolisme de l'animal. Pour les éléments inorganiques (et en particulier pour le Pb), il peut être aussi intéressant d'effectuer les dosages dans la coquille de l'animal.
Les moules et les huîtres (Mytilus et Crassostrea) sont les espèces les plus employées, mais d'autres espèces présentent un bon potentiel en vue d'une application. Les espèces tropicales ou subtropicales des genres Modiolus et Perna pourraient aussi être utilisées comme organismes sentinelles.
L'emploi d'organismes transplanté en France est pour l'instant en phase de développement. Cette technique est employée avec succès dans de nombreuses aires géographiques.
Parmi les méthodes utilisant des biomarqueurs, certaines sont en voie de développement. Ces techniques ont bien été testées chez les bivalves, mais ne sont pas encore prêtes à être appliquée souvent par manque de sensibilité. C'est le cas en particulier des dosages de métallothionéines effectuées le plus souvent par la méthode polarographique. Les dosages immunologiques ou d'ARNm pourraient accroitre la sensibilité de ce biomarqueur. D'autres biomarqueurs s'annoncent prometteurs, mais les corrélations entre les niveaux de contamination et les niveaux d'expression ne sont pas encore établies. C'est le cas pour les Heat Shock Protein ou les techniques de mesure des dommages à l'ADN.

Cahier N° : 10

Autres MOLLUSQUES

Description :

Animaux-Invertébrés-Gastéropodes-Céphalopodes

Photo ci-contre :

Crepidula fornicata est une espève invasive, proliférant actuellement sur les façades Manche et Atlantique (Ph. "Les Fruits de la mer", IFREMER).

Distribution

géographique	large répartition : mers arctiques, tempérées et tropicales
bathymétrique	De l'étage intertidal à l'étage bathyal. Les espèces faisant l'objet des fiches du cahier thématique se rencontrent entre la surface et -20m.
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs et substrat meubles

Biologie

nutrition	Mollusques brouteurs et carnivores
reproduction	Sexuée
durée de vie	Plusieurs années pour les céphalopodes, inconnues pour les gastéropodes

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

Intégration de l'imposex chez Nucella lapillus dans le National Monitoring Plan (GB).

Mots clés: rejets urbains - métaux lourds - PCB - Gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Ossilinus atratus, Patella coerulea, Patella ullisiponensis aspera, Patella vulgata*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Canaries (Tenerife); Manche : GB (Liverpool); Méditerranée : Italie du sud

bathymétrique 0 à -2m

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains	Concentration en PCB Concentration en métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn).	Dosages des PCB dans les tissus mous par chromatographie en phase gazeuse Dosages des métaux lourds dans la coquille par SAA flamme.

Principaux résultats :

Ossilinus atratus et Patella ullisiponensis aspera concentrent peu les PCB dans leurs tissus.
Patella coerulea accumule préférentiellement le Pb, ce qui permet d'envisager son utilisation comme traceur de la contamination du milieu marin.
Enfin, les dosages de métaux lourds effectués dans les coquilles de Patella vulgata ne mettent pas de différence entre stations contaminées et non contaminées. Son utilisation dans des programmes de biomonitoring semblent donc à rejeter.

Références bibliographiques :

Crescenti N. et al., 1982. Mem. Biol. Mar. Oceanogr. 12(2) : 83-95.
Foster P., 1995. Mar. Environ. Res. 40(1) : 55-76.
Pena-Mendez E.M. et al., 1996. Chemosphere. 32(12) : 2371-2380.

Mots clés: rejets industriels pétroliers - rejets urbains - métaux lourds - hydrocarbures - Gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropode : Austrocochlea constricta*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Australie

bathymétrique Zone intertidale

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets industriels (industries pétrolières) et rejets urbains.	Concentration en métaux lourds (Cd, Cu, Zn). Concentration en HAP et hydrocarbures aliphatiques.	Dosages des métaux lourds dans les tissus moux et les coquilles par SAA flamme. Hydrocarbures : chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats :

La présence de métaux lourds a été détectée dans les tissus mous et la coquille des gastéropodes étudiés. Leur concentration respective diffère néanmoins selon la concentration de polluants présents dans le milieu. Dans le cadre de l'utilisation d'Austrocochlea constricta comme indicateur de la contamination du milieu marin par les métaux lourds, il est nécessaire de procéder chaque fois à une mesure de la concentration dans les tissus mous et la coquille.
Les hydrocarbures se concentrent quant à eux uniquement dans la coquille des Gastéropodes, qui pourrait donc agir comme un compartiment de stockage des altérants résistant au processus de détoxicification dans les tissus mous. Austrocochlea constricta peut être considéré comme un bon indicateur de la pollution par les composés pétrochimiques.

Références bibliographiques :

Walsh K. et al., 1995. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28(1) : 35-39.

Mots clés: Manganèse - Zinc - Gastéropodes - glandes digestives - pelotes fécales

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Littorina littorea, Nassarius reticulatus, Nucella lapilus*

Localisation d'étude :

géographique Manche : Grande Bretagne

bathymétrique Expérimentation in vitro (individus capturés en zone intertidale)

milieu Individus capturés sur la roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition des gastéropodes à des teneurs de 1 ppm de Mn et de Zn.	Mesure de la teneur en Mn et Zn dans les glandes digestives et les pelotes fécales.	Etude des pelotes fécales : microscope électronique à balayage. Mesure des polluants : analyseur à rayon X.

Principaux résultats : Dans la chaine alimentaire formée par un Gastéropode détritivore et un Gastéropode carnivore, on observe de concentration des métaux lourds lorsqu'on passe au niveau trophique supérieur. Les métaux lourds accumulés dans les granules présents dans la glande digestive des détrivores ne sont pas assimilés par les carnivores.

Références bibliographiques :

Nott J.A. & Nicolaidou A., 1990. J.M.B.A. UK 70 : 905-912.
Nott J.A. & Nicolaidou A., 1993. Comp. Biochem. Physiol. 104A(2) : 235-238.

Mots clés: zone portuaire - métaux lourds (Cu, Fe, Zn) - Gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropode : Haliotis rubra*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Australie

bathymétrique Entre la surface et -3m

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Proximité d'une zone portuaire	Concentration en métaux lourds (Cu, Fe, Zn) Etude ultrastructurale de la glande digestive, des branchies et des reins.	Métaux lourds : SAA Etude ultrastructurale : microanalyse par rayons X

Principaux résultats : Haliotis rubra concentre essentiellement le fer et le zinc dans la glande digestive et les branchies. Les reins concentrent quant à eux le fer et le cuivre.

Références bibliographiques :

Hyne R.V. et al., 1992. Mar. Biol. 116(1) : 75-80.

Mots clés: contamination radioactive (Tchernobyl) - Méditerranée - Céphalopodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Céphalopode : Octopus vulgaris*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Italie

bathymétrique -10m

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Explosion d'un réacteur nucléaire (Tchernobyl) et suivi de la contamination radioactive.	Radioisotopes (137Cs, 134Cs, 40K).	Détection des radioisotopes par spectrométrie.

Principaux résultats : La pieuvre commune (Octopus vulgaris) concentre de façon importante les radioisotopes marquant la contamination du milieu après l'explosion du réacteur nucléaire de Tchernobyl. En comparaison avec d'autres organismes marins situés à différents niveaux de la chaine trophique (mollusques brouteurs, poissons, etc), Octopus vulgaris constitue un bon indicateur de pollution radioactive du milieu marin.

Références bibliographiques :

Galleli G. et al., 1997. Sci. Total Environ. 196(2) : 163-170.

Mots clés: métaux lourds - zone d'estuaire - Gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Littorina littorea; Scrobicularia plana*

Localisation d'étude :

géographique Manche : Grande Bretagne

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaire

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination en métaux lourds de la zone estuarienne.	Etude ultrastructurale des glandes digestives et de l'accumulation en métaux lourds (Ag, Cu, Pb, Zn).	Mesure des métaux lourds : SAA

Principaux résultats : Les organes de stockage des métaux lourds varient selon les espèces. Chez Littorina, on retrouve l'argent et le cuivre dans la glande digestive. Chez Scrobicularia plana, le cuivre, le plomb et le zinc sont stockés au niveau des branchies et du péricarde. Les phosphates constituent probablement le ligand pour le zinc et le plomb, alors que l'ion sulfide est le ligand pour l'argent et le cuivre.

Références bibliographiques :

Truchet M. et al., 1990. C. R. Acad. Sci. Paris Ser. III. 311(7) : 261-268.

Mots clés: Test de toxicité - surfactant industriel (Corexit 9554) - Gastéropodes - métamorphose des larves

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropode : Haliotis rufescens*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : USA (Californie)

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu Mollusque prélevés en milieux rocheux.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Toxicité d'un surfactant industriel (Corexit 9554).	Test de la toxicité du surfactant sur les larves d'abalone.	Observation du mode de développement et de la survie des larves d'abalone en fonction de la concentration en surfactant.

Principaux résultats : Le surfactant industriel testé (Corexit 9554) entraîne des malformations chez les larves d'Haliotis rufescens pour des concentrations inférieures à 1ppm. Il provoque une mortalité des larves pour des concentrations comprises entre 1 et 2ppm.

Références bibliographiques :

Singer M.M. et al., 1995. Ecotoxicol. Environ. Saf. 32(1) : 81-86.

Mots clés: métaux lourds - activité EROD, ECOD - Céphalopodes

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Céphalopodes : Octopus pallidus*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Australie

bathymétrique Expérimentation in vitro (zone de capture des individus non précisée)

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par hautes teneurs en métaux lourds.	Activité du cytochrome P450 par la mesure de l'activité MFO, EROD, ECOD et le dosage du P450 total.	Dosage du P450 total : méthode d'Omura et Sato. ECOD : mesure par la méthode de Prough et al. (1978) EROD : mesure par la méthode de Burke et Mayer (1974).

Principaux résultats : Les résultats de cette étude indiquent qu'Octopus pallidus est une espèce potentiellement utilisable pour des tests de toxicité en laboratoire. En revanche, l'utilisation de cette espèce comme bioindicateur in situ de la contamination du milieu marin par les métaux lourds est moins évidente. D'autres études sont nécessaires dans ce domaine.

Références bibliographiques :

Burke M.D. et Mayer R.T., 1974. Drug. Met. And Disp. 2 : 583-588.
Butty J.S. et Holdway D.A., 1997. Mar. Poll. Bull. 34(7) : 564-570.
Prough R.A. et al., 1978. In : Methods in Enzymology, eds S. Fleicher & L. Parker, Academic Press, New York : 372-375.

Mots clés: chlorure mercurique - Gastéropodes - taux de survie des larves - taux de reproduction

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Crepidula fornicata*

Localisation d'étude :

géographique Manche : Grande Bretagne

bathymétrique Expérimentation in vitro (Zone de capture des individus non précisé)

milieu Milieu de capture non précisé

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à une solution de chlorure mercurique à différentes concentrations (0,25-0,42 et 1µg/l).	Taux de croissance et taux de reproduction des mollusques. Taux de survie des larves.	Observation des larves au microscope optique et à la loupe binoculaire.

Principaux résultats : L'exposition à une concentration de chlorure mercurique de 1 µg/l entraîne un ralentissement de la croissance des mollusques. Le taux de reproduction et le taux de survie des larves sont également affectés à cette concentration. L'exposition chronique à des solutions de mercure inorganique, pour des valeurs variant entre 0,25 et 0,42 µg Hg/l, affectent également les fonction de reproduction de Crepidula fornicata.

Références bibliographiques :

Thain J.E., 1984. Mar. Environ. Res. 12(4) : 285-309.

Mots clés: Pacifique (USA) - PCP - PCB - Gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropode : Haliotis rufescens*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : USA (Californie)

bathymétrique Expérimentation in vitro (Gastéropodes prélevés en zone intertidale et subtidale)

milieu Gastéropodes prélevés sur la roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des concentrations subléthales de PCP (1,2 mg/l) selon des salinités différentes.	Concentration en monophosphate inorganique et en phosphoarginine dans le muscle pédal des abalones.	Monophosphate inorganique et phosphoarginine : RMN.

Principaux résultats : Les mesures en monophosphate inorganique et phosphoarginine (marqueurs de stress) montrent que la salinité influence les effets des concentrations subléthales des PCP chez Haliotis rufescens. L'hypersalinité (45 ‰) diminue l'impact des PCB sur la concentration en monophosphate inorganique et en phosphoarginine dans le muscle pédal.

Références bibliographiques :

Tjeerderma R.S. et Singer M.M., 1991. Mar. Pollut. Bull. 22(2) : 59-61.
Tjeederma R.S. et al., 1991. J. Biochem. Toxicol. 6 : 45-56.
Tjeerdema R.S. et al., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 369-374.

Mots clés: TBT - Atlantique - Manche - Mer du Nord - Gastéropodes - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Buccinum undatum, Nucella lapillus, Hinia reticulata, Hinia incrassata, Ocenebra erinacea, Thais haemastoma*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Canaries-Manche : Bretagne, Grande Bretagne-Mer du nord : Pays Bas-Mer d'Irlande

bathymétrique Zone intertidale et subtidale

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution du milieu marin par le TBT.	Développement d'organes sexuels mâles chez les femelles de Gastéropodes et Imposex (superposition d'organes sexuels mâles chez les femelles).	Mesure de la longueur du pénis et utilisation de l'indice de la taille relative du pénis (RPSI) d'Evans et al. (1991).

Principaux résultats : La comparaison des taux d'imposex dans les populations de différentes espèces exposées à des concentrations semblables de TBT, a permis de déterminer les meilleurs indicateurs pour le suivi de la contamination du milieu marin. Nucella lapillus est l'espèce européenne la plus sensible au TBT. Thais haemastoma est une espèce potentiellement intéressante. Cependant contrairement à N. lapillus, cette espèce présente un stade larvaire planctonique qui lui permet de maintenir des populations avec un taux d'imposex plus faible, même dans des zones fortement polluées par les TBT. Ocenebra erinacea montrent des potentialités intéressantes en matière de surveillance de la contamination du milieu marin. Littorina littorea, quant à elle, est une espèce peu sensible et donc peu intéressante pour le suivi du taux d'imposex.

Références bibliographiques :

Brick M. et Deutsch U., 1993. Aquat. Toxicol. 27(1-2) : 113-132.
Cadee G.C. et al., 1995. Neth. J. Sea. Res. 34(4) : 337-339.
Evans S.M. et al., 1991. Mar. Pollut. Bull. 22(7) : 331-333.
Evans S.M. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull. 32(3) : 263-369.
Gibbs P.E., 1993. J. M. B. A. UK. 73(3) : 667-678.
Minchin A. et Minchin D., 1997. Environ. Technol. 18(12) : 1225-1234.
Moore J.J. et al., 1994. Pembroke UK Field Studies Council, 55pp.
Moore J.J. et al., 1997. OPRU/34/97
Scott G.W. et al., 1994. Naturalist. 119(1011) : 139-144.
Spence S.K. et al., 1989. P.S.Z.N.I. Marine Ecology, 11(2) : 147-156.
Stroben E. et al., 1992. Mar. Biol. 114(2) : 289-296.

Mots clés: TBT - Manche - Mer du Nord - Gastéropodes - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Nucella lapillus*

Localisation d'étude :

géographique Manche : Grande Bretagne-Atlantique : Bretagne-Mer du nord : Pays-Bas

bathymétrique Expérimentation in vitro (individus prélevés en zone intertidale)

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des concentrations variables de TBT (équivalent : 1 et 17ng Sn/l). Pollution par le TBT le long des côtes françaises et de GrandeBretagne.	Imposex.	Mesure de la taille du pénis et utilisation de l'indice (RPSI) d'Evans et al. (1991).

Principaux résultats :

La superposition d'organes mâles chez les femelles de Nucella lapillus est observée expérimentalement après 12 semaines, pour des concentrations en TBT variant entre 1 et 17 ng/l. Dans les zones littorales de Grande-Bretagne où l'on observe ces superpositions d'organes sexuels, les mesures de concentration en TBT réalisées dans l'eau de mer montrent des valeurs variant entre 0,7 et 39 ng Sn/l. La mesure du taux d'imposex chez les population de N. lapillus en Europe (France, GB et Pays Bas), montre que le degré de sensibilité comme réponse aux pollutions par le TBT est uniforme quelque soit la zone géographique. Cette espèce constitue donc un excellent indicateur pour la pollution par cet anti-fouling le long des façades Atlantique, Manche et Mer du Nord.

Références bibliographiques :

Evans S.M. et al., 1991. Mar. Poll. Bull. 22(7) : 331-333.
Gibbs P.E. et al., 1990. Oceanologica acta. 11 : 257-261.
Gibbs P.E. et al., 1991. Mar. Environ. Res. 32(1-4) : 79-87.
Minchin D. et al., 1996. Mar. Poll. Bull. 32(2) : 188-195.
Oehlmann J. et al., 1993. Cah. Biol. Mar. 34 : 343-362.

Mots clés: TBT - Pacifique - Gastéropodes - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Cominella virgata; Haustrum haustorium; Lepsiella scobina; Taron dubius; Thais orbita; Xymene ambiguus*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Nouvelle Zélande

bathymétrique Zone intertidale

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution du milieu marin par des TBT en raison de la proximité d'une zone portuaire.	Imposex.	Mesure de la taille du pénis et application de l'indice (RPSI) d'Evans et al. (1991).

Principaux résultats :

La superposition de caractères mâles chez les femelles des espèces étudiées permet de suivre la contamination par le TBT. Dans les zones fréquentées par des bateaux de plaisance on observe une diminution du taux d'imposex et de l'indice RPSI. En revanche, dans les zones fréquentées par les bateaux de commerce et les navires de croisière, il n'y a pas de diminution de l'imposex mais une diminution significative de l'indice RSPI.
Parmi les espèces testées, Lepsiella scobina est l'organisme le plus prometteur pour le suivi de la contamination par le TBT dans les eaux néo-zélandaises, en raison de sa sensibilité vis à vis de ce composé, de sa large répartition et de la mobilité réduite des adultes.

Références bibliographiques :

Evans S.M. et al., 1991. Mar. Pollut. Bull. 22(7) : 331-333.
Smith P.J., 1996. Mar. Pollut. Bull. 32(4) : 362-365.
Stewart C. et al., 1992. Mar. Pollut. Bull. 24(4) : 204-209.

Mots clés: TBT - Méditerranée - Céphalopode - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Céphalopodes : Loligo vulgaris, Octopus vulgaris, Sepia officinalis*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Italie

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des concentrations croissantes de mercure inorganique.	Développement et survie des larves.	Observations à la loupe binoculaire.

Principaux résultats : L'exposition à des concentrations de mercure comprises entre 0,5 et 0,8 µg Hg/l entraîne des malformations des larves de céphalopodes. Pour des valeurs supérieures à 0,8 µg Hg/l, on observe une mortalité de ces larves. Des travaux complémentaires sont néanmoins nécessaires afin d'arriver à la création d'un test de toxicité.

Références bibliographiques :

D'aniello A. et al., 1990. Ital. J. Biochem. 39(2) : 130-132.

Mots clés: TBT - Pacifique - Gastéropodes - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Haliotis discus, Haliothis madaka, Thais clavigera*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Japon

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Tests de toxicité du TBT et TPT réalisés pour des durées d'exposition de 24h et 48h suivant la procédure de l'OECD Guideline for testing of Chemicals.	Mortalité des larves véligères : indice LC50.	Mesure de la concentration en TBT et TPT lors du test : spectromètre de masse. Observation des larves au microscope optique.

Principaux résultats : Les tests réalisés sur des groupes de 10 à 30 larves, montrent que pour le TBT et le TPT l'espèce la plus sensible est Haliotis madaka. Au bout de 24h, l'indice LC50 est mesuré pour des concentration de 3,9µg/l (TBT) et 2,4µg/l (TPT). Au bout de 48h, le LC50 est atteint pour des valeurs de 1,2 et de 1,4 µg/l respectivement. Parmi les trois espèces étudiées, Thais clavigera se montre la moins sensible : à 24h, LC50 pour des valeurs de 8,4 et 8,6 ; à 48h, LC50 pour des valeurs de 5,6 et 4,6 µg/l.

Références bibliographiques :

Horiguchi T. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 469-473.

Mots clés: terminal pétrolier (hydrocarbures) - diversité et abondance des peuplements de mollusques

Groupe **Autres Mollusques** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements de mollusques (gastéropodes, bivalves et chiton)*

Localisation d'étude :

géographique Mer des Caraibes-Curacao

bathymétrique -3 à -6m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution chronique par des hydrocarbures près d'un terminal pétrolier.	Mesure de la diversité et de l'abondance spécifique.	Mesure sur des transects de 10m de long à l'aide de quadrats.

Principaux résultats : La diversité des communautés de mollusques est fortement perturbée par la présence de résidus pétroliers retenus par les récifs, 10 ans après une pollution massive par des hydrocarbures. La comparaison avec des sites sains montre une diminution de 30% du nombre d'espèces de mollusques et une diminution de 20% de la densité moyenne dans les stations contaminées par les résidus d'hydrocarbures.

Références bibliographiques :

Nagelkerken I.A. et Debrot A.O., 1995. Mar. Pollut. Bull. 30(9) : 592-598.

Mots clés: déversement accidentel de pétrole brut - peuplements de gastéropodes

Groupe **Autres Mollusques** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplement de Gastéropodes*

Localisation d'étude :

géographique Mer des Caraibes (Ile de Payardi)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Zone d'éboulis, zones sableuses et herbiers de phanérogames

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Déversement accidentel de 8 millions de litres de pétroles brut dans le milieu marin.	Mesure de l'abondance en Gastéropodes	Mesures sur des transects de 50 à 100m de long à l'aide de quadrats de 0,25m².

Principaux résultats : La pollution accidentelle entraînée par le déversement massif de pétrole brut a entraîné, dans un premier temps, une mortalité massive immédiate des mollusques dans les zones d'accumulation de pétrole. Deux ans après l'accident, le taux de recrutement a diminué par rapport à l'état initial. La vitesse de reconstitution du peuplement de mollusques dépend de l'hydrodynamisme local dispersant les résidus de pétrole brut.

Références bibliographiques :

Garrity S.D. et Levings S.C., 1990. Mar. Environ. Res. 30(2) : 119-153.

Mots clés: organométalliques - Pacifique - Gastéropodes - Imposex

Groupe **Autres Mollusques** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Conus spp., Ilyanassa obsoleta, Lepsiella vinosa, Nucella lamellosa, N. canaliculata, N. emarginata, Thais clavigera, Thais bronni, Thais orbita*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Japon; Australie; USA

bathymétrique Zone intertidale jusqu'à 2m de profondeur.

milieu Roche littorale

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les composés organométalliques (TBT, DBT, MPT, TPT)	Imposex.	Mesure de la longueur du penis.

Principaux résultats : De par leur large répartition et leur sensiblité vis à vis des composés organochlorés (DBT, MPT, TBT, TPT), l'ensemble des espèces étudiées présente un intérêt certain pour le suivi de la contamination du milieu marin dans la région Pacifique. Chez Thais clavigera et Thais bronni, une concentration en TBT variant entre 10 et 20 ng/l est suffisante pour induire un phénomène d'imposex.

Références bibliographiques :

Bright D.A. et Ellis D.V., 1990. Can. Zool. J. Can. Zool. 68(9) : 1915-1924.
Curtis L.A. et Barse A.M., 1990. Oecologia. 84(3) : 371-375.
Curtis L.A. et Kinley J.L., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(1) : 97-101.
Deborah J.N. et al., 1993. Mar. Poll. Bullut. 26(7) : 380-384.
De Mora S.J. et Pelletier E., 1997. Environ. Technol. 18(12) : 1169-1177.
Foale S., 1993. Mar. Pollut. Bull. 26(10) : 546-552.
Horiguchi T. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull. 31(4-12) : 402-405.
Kohn A.J. et Almasi K.N., 1993. J. M. B. A. UK. 73(1) : 241-244.
Matthiessen P. et Gibbs P.E., 1998. Environ. Toxicol. Chem. 17(1) : 37-43.
Nakano D. et Nishiwaki S., 1992. Venus Jap. J. Malacol. Kaizatsu. 51(1-2) : 79-87.
Nias D.J. et al., 1993. Mar. Pollut. Bull. 26(7) : 380-384.
Oberdoerster E. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(2) : 144-151.
Wilson S.P. et al., 1993. Mar. Pollut. Bull. 26(1) : 44-48.

Caractère opérationnel du groupe: AUTRES MOLLUSQUES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	4	abondance	☑
		richesse spécifique	☑
d'un ou plusieurs taxons :	5		
Participation à un (des) indice(s)	☑	RPSI (Evans) chez les gastéropodes	

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	4	HAP, hydrocarbures aliphatiques.
inorganiques:	4	Métaux lourds (Ag, Cu, Pb, Zn).
organométalliques:	3	TBT.

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	5	
physiologiques:	4	Développement et mortalité des larves de Gastéropodes.
morphologiques:	1	Imposex chez Nucella lapillus dans le National Monitoring Plan (GB).
comportementaux:	5	

Existence de Biotests

2	Thais clavigera, Haliotis discus discus et Haliothis madaka

Synthèse critique du groupe : AUTRES MOLLUSQUES

Points forts :

Parmi les mollusques autres queBbivalves, les Gastéropodes représentent le groupe le plus intéressant en matière de bioindicateur de la qualité du milieu marin en raison des connaissances acquises dans le domaine des biomarqueurs morphologiques (taux d'imposex). La superposition de caractères mâles chez les femelles se retrouvent en présence d'une contamination par le TBT. Cette observation a été faite dans plusieurs régions du monde (Atlantique, Manche, Pacifique) chez de nombreuses espèces de Gastéropodes. En Europe, les connaissances acquisent depuis les années 1970 ont permis d'intégrer dans un réseau de surveillance national, l'étude du taux d'imposex dans les populations de Nucella lapillus. Cette espèce commune aux façades Atlantique, Manche et de Mer du nord a fourni des résultats concluant dans le suivi de la contamination du milieu marin par les TBT, en France (Bretagne),en Irlande et en Norvège.
Il faut également signaler l'existence d'un test de toxicité du TBT, mis au point sur les larves véligères d'espèce d'abalone (Haliotis dans la zone Pacifique).

Limites:

En ce qui concerne les Gastéropodes, les travaux concernant les indices écologiques sont inexistants en milieux tempérés. Seules quelques indications ont pu être noté en milieu tropical sur l'évolution des peuplements suite à une pollution par les hydrocarbures. De même, il n'existe que peu ou pas de références sur les capacités de bioaccumulation de ces organismes vis à vis des polluants organiques et inorganiques. Les données actuelles se résument essentiellement, en terme d'indicateurs, à l'étude du taux d'Imposex induit par la présence de TBT. La recherche d'autres biomarqueurs morphologiques vis à vis d'autres polluants, et la détermination de biomarqueurs de génotoxicité et biochimiques ont pour l'instant été négligées.

Commentaires:

Concernant les Gastéropodes, les biomarqueurs morphologiques de type imposex fonctionnent très bien chez des espèces atlantiques. Si leur application dans un réseau de surveillance paraît possible sur les façades Manche et Atlantique, on manque cruellement de données sur les espèces méditerranéennes. Les futurs travaux de recherche devront donc déterminer les espèces méditerranéennes les plus appropriées pour l'utilisation de "l'outil imposex" pour le suivi des rejets de TBT.
L'existence de plusieurs espèces d'Haliotis le long du littoral français pourrait peut être permettre la mise au point d'un test de toxicité du TBT semblable à celui existant chez Haliotis madaka (espèce d'abalone asiatique).
Enfin, d'autres groupes de mollusques, notamment les Céphalopodes, n'ayant pas fait l'objet de recherches en Europe mériteraient d'être étudiés dans les années à venir.

Cahier N° : 11

POLYCHETES

Description :

Animaux - Invertébrés - vers - Annelides

Photo ci-contre :

Capitella capitata est un annélide polychète, de répartition mondiale, indicateur d'enrichissement organique des sédiments.

Distribution

géographique	Large répartition
bathymétrique	Large répartition
milieu(x) occupé(s)	Large répartition. Les espèces présentées sont essentiellement présentes en substrats meubles

Biologie

nutrition	Depositivores, suspensivores, prédateurs - détritivores, omnivores, carnivores
reproduction	Séxuée et aséxuée
durée de vie	De quelques jours à quelques années

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☑
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: peuplements - pollution portuaire - industrielle - urbaine - IAP

Groupe **Polychètes** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France), Atlantique- Manche (France)

bathymétrique Etage infralittoral, zone intertidale

milieu Substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains, activités portuaires et industrielles.	Composition spécifique, Abondance (nombre d'individus), Dominance.	Suivi des peuplements le long de gradients de pollution.

Principaux résultats :

Des espèces dont les populations deviennent nombreuses en eaux polluées ont été mises en évidence: Platynereis dumerili, Theostoma oerstedi, Cirratulus cirratus, Dodecaceria concharum.
Les espèces abondantes en milieu non perturbé sont représentées par le genre Syllis et Amphiglena mediterranea.
L'observation d'une balance quantitative entre les dominances de ces deux groupes a conduit à la définition d'un indice de pollution : l'Indice Annelidien de Pollution IAP = Somme des dominances des espèces "sentinelles d'eaux polluées"/ Somme des dominances des espèces "sentinelles d'eaux pures".
L'indice prend des valeurs inférieures à 1 dans les milieux non pollués et supérieures à 1 quand le peuplement est baigné par des eaux polluées. De plus, les nombreuses études d'application montrent que plus l'indice est élevé, plus le milieu est pollué.
Cet indice mis au point en Méditerranée (Bellan) a pu être utilisé dans des conditions environnementales très différentes, en Manche, avec succès.

Références bibliographiques :

Bellan G. et al., 1994. In: état des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin, IARE ed., Montpellier, 115-122
Bellan G., 1985. Actes du colloque "Indices biotiques", Paris, 15-17 nov. 1983, Ministère de l'Environnement, 99-110
Bellan G., 1980. Téthys, 9(3): 267-278
Bellan G., 1984. Bull. Ecol., 15(1): 13-20
Bellan G. et al.,1988. Mar. Pollut. Bull., 19(12): 662-665
Bellan G., 1980. Mar. Pollut. Bull., 11: 318-321
Bellan-Santini D. et al., 1993. 3ème Symposium International "Protection milieu marin contre Pollution", 20-22 oct., 12pp
Lechapt J.P. et al., 1993. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 69(2): 225-237

Mots clés: peuplements - espèces indicatrices

Groupe **Polychètes** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée, Atlantique, Pacifique, Baltique

bathymétrique Etage infralittoral, zone subtidale

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Enrichissement organique	Composition spécifique Abondance	Suivis spatio-temporels des communautés

Principaux résultats :

Plusieurs espèces indicatrices de pollution organique, de distribution quasi-mondiale, ont été mises en évidence. Il s'agit de Capitella capitata et Malacoceros fuliginosa qui occupent tous les milieux fortement pollués dans le monde. Sont également reconnues comme indicatrices d'un enrichissement organique important des sédiments : Cirriformia tentaculata et Dorvillea rudolphii.
Enfin d'autres espèces sont reconnues comme tolérantes à un enrichissement plus ou moins important selon les études, ce sont : Chaetozone setosa, Heteromastus filiformis, Nereis spp., Polydora spp.

Références bibliographiques :

Bellan G., 1993. Biosystema, 8: 45-60.
Bellan G., 1984. Bull. Ecol., 15(1): 13-20.
Bellan G., 1967a. Rev. Inter. Océanogr. Med., 6-7: 53-87.
Bellan G., 1967b. Rev. Intern. Océanogr. Med., 8: 51-95.
Glemarec M., Hily C., 1981. Acta Oecol./ Oecol Applic., 2(2): 139-150.
Leppakoski E., 1975. Acta Acad. abo., Ser B, 35: 1-90.
Pearson T.H., Rosenberg R., 1978. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 16: 229-311.
Reish D.J., Bellan G., 1995. In: Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, D. Bellan, G. Bonin, C. Emig eds, 701-743.
Ros J., Cardell M.J., 1992. In: Marine Eutrophication and Population Dynamics. Colombo, Ferrari, Ceccherelli, Rossi (eds), 101-110.
Salen-Picad C., 1993. GIS Posidonie publ., 175-187.
Yokoyama H., 1998. J. Rech. Océanogr., 23(2): 67-74.

Mots clés: métaux lourds - peuplements - aire tropicale

Groupe **Polychètes** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Heteromastus filiformis, Perinereis aibuhitensis*

Localisation d'étude :

géographique Mer Jaune (Côte ouest de la Corée)

bathymétrique

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents industriels riches en métaux lourds.	Richesse spécifique, abondance. Concentrations en Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Fe.	Quadrats. Dosages en SAA flamme.

Principaux résultats :

La macrofaune, présente avant la dégradation du milieu, a disparu, et l'espèce H. filiformis est maintenant prédominante. La diversité est 5 fois moins importante qu'à l'origine (de 22 espèces en 1984 à 4 espèces en 1992) et l'abondance des espèces restantes a diminué (e.g. P. aibuhitensis).
Les concentrations en cuivre sont très importantes chez H. filiformis (450 µg/g) et P. aibuhitensis (240 µg/g). La concentration en cuivre de P. aibuhitensis est cependant plus faible que celle des sédiments pollués. D'après les auteurs, les espèces de grande taille² comme P. aibuhitensis (ou Nereis diversicolor) régulent plus efficacement les métaux. Malgré les hautes teneurs en métaux des sédiments de surface, les concentrations dans les organismes restent relativement basses.

Références bibliographiques :

Ahn I.Y. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull. 30 (3) : 200-206.

Mots clés: accumulation - métaux lourds

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Nereis diversicolor*

Localisation d'étude :

géographique Manche-Atlantique (France)

bathymétrique

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions de type industriel et portuaire.	Concentration en 12 métaux : Al, Hg, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Ti, Cr, Fe, V.	SAA four (Pb, Cd), SAA flamme (Hg, Mn, Cu, Zn, Fe), Torche à plasma (Al, Cr, Ni, V, Ti).

Principaux résultats :

Les dosages montrent que les polychètes accumulent les douze métaux. Des différences significatives dans les facteurs de concentrations ont été trouvées en fonction du site, de la période et des éléments étudiés. Quatre groupes d'éléments sont définis :
- métaux très toxiques et métaux constitutifs du milieu : Fe, Al, V, Pb, Hg. Pour ces métaux, les facteurs de concentration sont toujours très inférieurs à 1.
- métaux toxiques présentant des variations de concentration très importantes dans le milieu car ils sont utilisés dans l'industrie : Cd, Mn, Ni, Ti. Pour ce groupe, les facteurs de concentration sont inférieurs à 1 ou dépassent ponctuellement 1.
- Zn est un élément essentiel aux fonctionnement enzymatiques des animaux. Les teneurs en Zn sont très stables et le facteur de concentration est égal environ à 1.
- Cr et Cu : les facteurs de concentration sont souvent supérieurs à 1.

Les jeunes accumulent plus vite les métaux. Cela peut être expliqué par un métabolisme plus actif que les adultes. Les résultats ont mis en évidence l'antagonisme biologique entre le Zn et le Cd.

Références bibliographiques :

Septier F. et al., 1991. Oceano. Acta 11 (sp.) : 263-274.
Ray S. et al., 1980. Arch. Environ. Contamin. Toxicol. 9 : 1-8.
Luoma S.N. & Bryan G.W., 1982. Estuarin. Coastal. Shelf. Sci. 15 : 95-108.

Mots clés: accumulation - PCB

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Nereis diversicolor*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Monaco)

bathymétrique

milieu Substrats meubles - Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination de l'eau et des sédiments par des PCB.	Concentrations en PCB.	Dosage chromatographique.

Principaux résultats :

Les polychètes accumulent les PCB dans leurs tissus selon un modèle dose\réponse. Au bout de deux mois, l'accumulation atteint un équilibre. En effet, les polychètes éliminent les PCB par des systèmes de dépuration à partir de quelques jours (moins de 10 jours).
Les deux voies de contamination sont l'eau et les sédiments. Bien que l'eau engendre une accumulation plus rapide, les sédiments restent la voie majeure de bioaccumulation car les PCB sont peu présents dans la fraction dissoute.

Références bibliographiques :

Fowler S.W. et al., 1978. Mar. Biol. 38 : 303-309.
Courtney W.A.M. & Langston W.J., 1978. Environ. Pollut. 15 : 303-309.

Mots clés: accumulation - hydrocarbures polyaromatiques - croissance

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Streblospio benedicti*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Sud Est des Etats Unis)

bathymétrique

milieu Substrats meubles - Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination de sédiments estuariens par des Hydrocarbures polyaromatiques (HAP).	Développement des larves et métamorphose, croissance. Bioaccumulation des HAP (C-Fluoranthène).	Préservation dans le formol et le rose de bengal puis comptage. Scintillation (14C-Fluoranthène).

Principaux résultats :

Le développement larvaire et le processus de métamorphose sont réduits mais ne sont pas affectés significativement par les différentes concentrations des 6 HAP les plus abondants (0,9 à 9 µg/g de sédiments humides) dans les sédiments proches de zones urbanisées. La bioaccumulation de fluoranthène (le plus abondant) est très forte chez cette espèce très tolérante. 28 jours d'exposition à des concentrations de 0,26 à 2,4 g/g ne causent pas une augmentation de mortalité significative. Le poids moyen augmente pendant les 18 premiers jours d'exposition. Entre le 18ème et le 28ème jour, il diminue significativement.
La forte tolérance aux HAP de cette espèce peut expliquer le bon recrutement de jeunes dans des zones contaminées par les hydrocarbures ou enrichies en matière organique.

Références bibliographiques :

Chandler G.T. et al., 1997. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 213 : 95-110.
Chandler G.T. & Scott G.I., 1991. Environ. Sci. Tech. 27 : 139-146.
Weston D.P., 1990. Mar. Biol. 107 : 159-169.

Mots clés: accumulation - hydrocarbures polyaromatiques

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Armandia brevis (polychètes), Rhepoxynius abronius (crustacé amphipode)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Etats Unis)

bathymétrique

milieu Substrats meubles - Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination des sédiments par des hydrocarbures polyaromatiques (HAP).	Concentrations en LHAP (faible poids moléculaire) et HHAP (forts poids moléculaire).	GC-MS.

Principaux résultats : Cette étude comparative entre deux organismes à stratégie de nutrition différente, un amphipode suspensivore sélectif et un polychète déposivore non sélectif, montre des différences d'accumulation pour les HAP totaux (24 HAP considérés). Il n'y a pas de différence significative d'accumulation par les deux organismes pour les LHAP. En effet, les LHAP sont contenus dans l'eau intersticielle qui est la voie majeure de nutrition pour ces deux organismes. Concernant pour les HHAP, on note de fortes différences d'accumulation. En effet, les vers ingérent les HHAP avec les sédiments.

Références bibliographiques :

Meador J.P. et al., 1995. Mar. Ecol. Progr. Ser. 123 : 107-124.
Lyes M.C., 1979. Mar. Biol. 55 : 121-127.
Weston D.P., 1990. Mar. Biol. 107 : 159-169.

Mots clés: accumulation - DDT - cinétique - pelotes fécales

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Heteromastus filiformis*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Etats Unis)

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination des sédiments par des concentrations croissantes en DDT.	Cinétique d'accumulation et de relargage du DDT.	Exposition à des concentrations dans les sédiments de 0 à 8 µg/g. Dosage dans les sédiments, l'animal et les pelotes fécales. Observation du taux de production de pelotes fécales.

Principaux résultats :

Le taux d'absorption de DDT par ce vers augmente régulièrement dans le temps (mesures effectuées à 5, 11 et 28 jours), et en fonction du niveau de contamination du milieu environnant. Pour des concentrations dans les sédiments de 2, 4, 8 µg/g, on observe dans les vers respectivement : 240, 500, 870 µg/g de lipides à la fin de l'expérience. Aucune mort n'a été observée durant l'expérience.
La plus forte exposition au DDT entraine une baisse de la production de pelotes fécales. Ainsi, une concentration aussi faible que 8 µg/g dans les sédiments, en comparaison de ce que l'on peut observer en milieu naturel (jusqu'à 150 mg/g dans cette région), affecte considérablement le taux de défécation de l'animal, et ainsi son comportement alimentaire.

Références bibliographiques :

Mulsow S.G. & Landrum P.F., 1995. Chemosphere 31(4) : 3142-3152.

Mots clés: accumulation - métaux lourds - aire tropicale - densité de population

Groupe **Polychètes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Lycastis ouanaryensis*

Localisation d'étude :

géographique Océan Indien (Inde)

bathymétrique

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Milieu situé au débouché d'une rivière recevant les effluents d'industries chimiques, et subissant une contamination par des métaux et une pollution organique.	Etude de la densité des populations. Concentration en Cu, Zn, Pb, Cd.	SAA flamme.

Principaux résultats : Les polychètes présentent de fortes concentrations en métaux dans leur organisme. L'étude des variations saisonnières des concentrations en métaux montre qu'ils régulent mieux les métaux quand les densités de population sont fortes. Les densités sont influencées par la salinité : à une forte salinité correspond une baisse de la densité. C'est durant ces périodes de fortes salinités que les vers ne parviennent pas à réguler convenablement la quantité de métaux. De plus, l'espèce L. ouanaryensis régule moins efficacement le Zn, le Cu, le Pb et le Cd dans le milieu où la pollution organique est forte.

Références bibliographiques :

Athalye R.P. & Gokhale K.S, 1991. Mar. Pollut. Bull. 22 (5) : 233-236.
Bryan G.W. & Hummerstone L.G., 1971. J. Mar. Biol. Ass. UK, 51 : 845-863.
Bryan G.W. & Hummerstone L.G., 1977. J. Mar. Biol. Ass. UK, 57 : 75-92.

Mots clés: mercure - respiration

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Nereis virens*

Localisation d'étude :

géographique Mer du Nord

bathymétrique

milieu Substrats meubles - Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination de l'eau par le Hg.	Comportement respiratoire (ventilation) : taux de ventilation, durée des inspirations/expirations, temps de latence entre inspirations et expirations.	Débimétrie élecromagnétique.

Principaux résultats :

Les réponses comportementales (ventilation) de N. virens issus d'un sédiment pollué par le mercure et issus d'un sédiment non pollué sont différentes. Les individus provenant de sédiments non pollués réagissent fortement à 30 ppb de Hg en augmentant le taux de ventilation. De fortes concentrations en mercure diminuent significativement la ventilation. Elle cesse quasiment à 3000 ppb.
Les individus issus du site pollué, étant pré-acclimatés, ne réagissent pas à une concentration de 30 ppb et ne montrent que de faibles réactions à 300 et 3000 ppb : le taux de ventilation augmente pour 300 ppb et diminue pour 3000 ppb. Cette étude montre que la ventilation de N. virens est un bon marqueur comportemental face à une contamination mercurielle.

.

Références bibliographiques :

Miron G. et al., 1994. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 184 : 67-81

Mots clés: morphologie - allométrie - cadmium

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Capitella capitata*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par du Cd.	Données allométriques (surface et taille). Concentration en Cd radioactif.	Non précisées.

Principaux résultats : Le cadmium n'a pas d'effets détectables sur la morphologie du vers, et ce, quelque soit la voie de contamination (eau, sédiment, eau + sédiment). Les sédiments sont à l'origine de 95 % de la contamination de l'animal. La dépuration du vers après contamination se fait par excrétion active et par dilution dans le corps lors de la croissance de l'animal.

.

Références bibliographiques :

Selck H. et al., 1998. Mar. Ecol. Progr. Ser. 164 : 167-178

Mots clés: TBT - test de toxicité - létale - sub-létale - croissance - reproduction

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Neanthes arenaceodentata, Dinophilus gyrociliatus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Etats Unis)

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des concentrations croissantes de TBT et à un effluent industriel.	Test de toxicité létale et sub-létale.	Exposition à des concentrations en TBT dans l'eau de 0 à 500 ng/l. Observation du taux de survie, de la croissance pondérale, et de la reproduction (nombre d'œufs et de larves).

Principaux résultats :

Les tests de toxicité sur le cycle de vie permettent d'estimer les effets à long terme de la contamination de l'environnement.
Aucun effet n'est observé pour les concentrations inférieures à 50 ng/l.
Après 10 semaines d'expérimentation, les effets sur le taux de survie, la croissance et la reproduction sont très marquées pour les plus fortes concentrations en TBT. A 500 ng/l de TBT, on observe un taux de mortalité de 79 %, et 25 % pour les concentrations inférieures à 100 ng/l.
La croissance est significativement réduite à 100 et 500 ng/l. La reproduction est significativement atteinte à 100 ng/l, et vu la forte mortalité, elle n'a pas pu être évaluée pour des concentrations plus importantes.
A la fin de l'expérience, on observe des concentrations en TBT dans le vers en fonction de la concentration dans le milieu expérimental (0,21 à 16,81 µg/g PS). Des effets chroniques sont donc observés chez les individus à partir d'une concentration dans le corps de l'animal de 6,3 µg/g PS.
Le même test sur l'espèce estuarienne à cycle de vie plus court (Dinophilus) permet d'obtenir des réponses rapides (7 à 10 jours) sur le degré de toxicité de l'effluent industriel.

Références bibliographiques :

Anderson S.L. et al., 1990. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 19 : 164-174.
Carr R.S. et al., 1986. Environ. Toxicol. Chem. 5 : 703-712.
Moore D.W. et al., 1991. Aquat. Toxicol. 21 : 181-198.

Mots clés: test de toxicité - létale

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Neanthes arenaceodentata, Capitella capitata*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Californie, Etats Unis)

bathymétrique

milieu Expériences in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des métaux lourds.	Mesures de concentrations létales pour les métaux : Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn.	LC 50 après 96 heures et 28 jours d'exposition.

Principaux résultats :

Capitella capitata est une espèce indicatrice de forte pollution, alors que Neanthes araneodentata est une espèce présente dans des conditions de semi-pollution. Les biotests utilisent des juvéniles et des adultes de ces deux espèces. Les résultats obtenus pour chacune des espèces sont très similaires. Capitella est tout de même plus sensible aux métaux lourds. Hg et Cu sont les élements les plus toxiques.

Pour Capitella adulte, les LC50 (mg/l) après 96 heures d'exposition sont : Cd (7,5), Cr (5,0), Cu (0,2), Pb (6,8), Zn (3,5), Hg (<0,1). Et après 28 jours d'exposition : Cd (0,7), Cr (0,28), Cu (0,2), Pb (1,0), Zn (1,25), Hg (0,1).

Les adultes sont globalement plus tolérants que les juvéniles, excepté pour les juvéniles de Neanthes qui sont plus tolérants que les adultes au Cd et Hg pour une exposition de 96 h., et au Cr pour une exposition de 28 jours.

Références bibliographiques :

Reish D.J., 1970. Wat. Res. 4 : 721-735.
Reish D.J. et al., 1976. Wat. Res. 10 : 299-302.

Mots clés: test de toxicité - accumulation - chrome - reproduction

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Neanthes arenaceodentata*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Etats Unis)

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le chrome VI.	Bioaccumulation du chrome et effets sur la reproduction.	Observation du nombre de jeunes.

Principaux résultats : Des modifications de la durée de la ponte des adultes et du nombre de jeunes sont recherchées après des expositions croissantes au chrome (de 1 à 38 µg/l). La durée de la ponte n'est jamais affectée par ces concentrations, mais le nombre de jeunes est significativement réduit à partir de 16 µg/l de Cr dans l'eau de mer. Le chrome est bioaccumulé proportionnellement à sa concentration dans le milieu environnant.

Références bibliographiques :

Oshida P.S. & Word L.S., 1982. Mar. Environ. Res. 7 : 167-174.

Mots clés: génotoxicité - radiations

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Neanthes arenaceodentata*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des radiations (gamma).	Effet génotoxique : dommage à l'ADN.	Comparaison de la fluorescence de l'ADN intacte et fragmenté.

Principaux résultats :

Après irradiation (100 Gy), une augmentation des dommages à l'ADN est observée.
Après 14 jours, il n'y a pas de différence significative entre les groupes irradiés et les contrôles.
D'autres effets radiobiologiques ont été constatés :
- réduction de la fécondité des femelles à 4,0 Gy,
- augmentation des aberrations chromosomiques chez les larves à 2,0 Gy,
- augmentation des échanges entre chromatides soeurs chez la larve à 0,6 Gy,
- réduction du taux de survie des premiers stades larvaires.

Références bibliographiques :

Martinelli R.E. et al., 1989. Mar. Eviron. Res. 28 : 329-332.
Harrison F.L. & Anderson S.L., 1989. Mar. Eviron. Res. 28 : 313-316.
Anderson S.L. & Harrison F.L., 1986. EPA 520/1-85-016 US EPA : 1-128 pp.
Anderson S.L. et al., 1987. EPA 520/1-87-007 US EPA : 1-55 pp.
Harrison F.L. & Anderson S.L., 1988. EPA 520/1-88-003 US EPA : 1-28 pp.

Mots clés: métaux lourds - métalloprotéines

Groupe **Polychètes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Chaetozone setosa, Goniada maculata, Pectinaria belgica, Melinna cristata, Orbinia norvegica*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège

bathymétrique

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents d'une usine de production de Ni. Milieu contaminé par du Ni, Cu et Zn.	Concentration en Cu, Ni et Zn chez O. norvegica et en Cu chez G. maculata. Quantité de métallothionéines (MTs) chez les cinq espèces.	SAA flamme. Dosage immunologique (MTs).

Principaux résultats :

L'électrophorèse montre l'existence de protéines similaires à des MTs chez O. norvegica et G. maculata. Chez C. setosa, P. belgica et M. cristata, aucune détection n'a pu être réalisée.
G. maculata ne présente pas de différence significative dans les concentrations en Cu, malgré le gradient de pollution. Chez O. norvegica, les teneurs en Cu et Ni diminuent parallèlement à la baisse de concentration des métaux dans les sédiments.
Les différences significatives entre ces deux espèces de vers sont dues en partie au type de nutrition, G. maculata est carnivore tandis que O. norvegica se nourrit de la matière organique contenue dans les sédiments.

Références bibliographiques :

Stenersen J. & Andersen R.A., 1989. Mar. Environ. Res. 28 : 167-171.
Dennaï N. et al., 1986. C. R. Acad. Sci. Paris 302 : 489-494.
Ericksen K.D.H., 1988. Comp. Biochem. Physiol. 91 C : 377-384.

Caractère opérationnel du groupe: POLYCHETES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	3	abondance ☑ / richesse spécifique ☑	
d'un ou plusieurs taxons :	2	Capitella capitata, Malacoceros fuliginosa	
Participation à un (des) indice(s) ☑		Indice Annélidien de Pollution	

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	3	PCB, DDT, HAP.
inorganiques:	3	Cu, Cr, Cd, Pb, Zn.
organométalliques:	3	TBT.

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	4	Intégrité de l'ADN.
biochimiques:	5	
physiologiques:	3	Respiration, reproduction.
morphologiques:	5	
comportementaux:	4	Comportement alimentaire.

Existence de Biotests

2	Test de toxicité létale et sublétale sur différents genres de Néréidiens (Neanthes, Nereis)

Synthèse critique du groupe : POLYCHETES

Points forts :

Les vers polychètes constituent près de 90 % des peuplements benthiques de substrats meubles. Ils sont donc incontournables pour les études de benthos. Par leur mode de nutrition, ils représentent une alternative intéressante aux filtreurs pour la recherche de contaminants bioaccumulés. Ils peuvent ainsi bien retranscrire les niveaux de contamination des sédiments marins. Les biotests in vitro sont très facilement réalisables avec différentes espèces, permettant ainsi d'obtenir des réponses à court, moyen et long terme. Dans ce cadre, ces organismes sont très bien appropriés pour évaluer la toxicité de sédiments marins.

Limites:

Leur identification lors des études de peuplement reste l'affaire de spécialistes. Leur capacité à bioaccumuler des polluants n'a pas vraiment été vérifiée in situ. Peu d'études sur les marqueurs biochimiques ont été réalisées, limitant ainsi la compréhension des mécanismes contrôlés par des stress environnementaux.

Commentaires:

Les vers polychètes sont de bons candidats dans l'optique d'une intégration au SEQ littoral. Ils ont une grande participation dans l'élaboration des principaux indices biotiques, dont l'indice IAP de Bellan et l'indice trophique de Word. Certaines espèces sont indicatrices de la qualité du milieu par leur seule présence ou absence : Capitella capitata, Malacoceros fuliginosa, etc..
Les biotests en laboratoire employant des espèces de néréidiens sont très répandus mais nécessitent une standardisation avant leur recommandation.

Cahier N° : 12

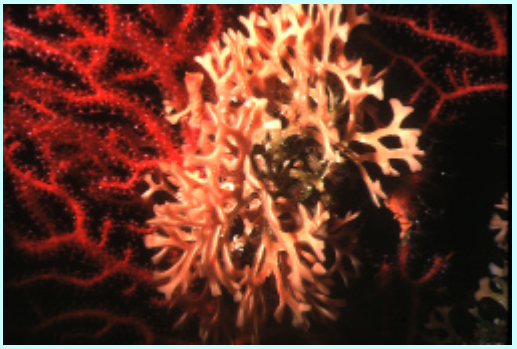
BRYOZOAIRES

Description :

Animaux - Invertébrés coloniaux - Sessiles

Photo ci-contre :

Adeonella calveti est une grande espèce dressé informant de la qualité des milieux coralligènes (Ph. J-G Harmelin).



Distribution

géographique	Large distribution
bathymétrique	De la zone intertidale jusqu'à 8000 mètres de fond, mais la majorité est localisée dans les 1000 premiers mètres
milieu(x) occupé(s)	Essentiellement les substrats durs, et particulièrement les milieux peu éclairés

Biologie

nutrition	Filtreurs actifs
reproduction	Sexuée et asexuée
durée de vie	Très variable selon les espèces. Souvent difficile à définir

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: peuplements - pollution urbaine - grandes espèces dressées - colonisation

Groupe **Bryozoaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Environ 120 espèces observées.*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée (Marseille-France).

bathymétrique: 10 - 35 m.

milieu: Parois abruptes, surplombs, blocs et dessous de blocs.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution de type mixte : rejets de l'émissaire de Marseille-Cortiou.	Structure des peuplements de bryozoaires dans des stations situées le long du gradient de pollution.	Quadrats (étude des peuplements des petites espèces cryptiques et des grandes espèces dressées) Colonisation de substrats artificiels standardisés.

Principaux résultats :

Perte globale de richesse spécifique en se rapprochant du débouché de l'émissaire. Mise en évidence d'espèces plus tolérantes à la pollution :
- espèces cryptiques : Schizoporella longirostris, Tubulipora cf aperta .
- grande espèce dressée : Myriapora truncata.
- espèce ayant le plus abondamment colonisé les substrats artificiels : Chorizopora brongniarti.

Références bibliographiques :

- Capo S., 1998. Rapport de D.E.A., Univ. Aix-Marseille, 38p.

Mots clés: peuplements - grandes espèces dressées - ascophores

Groupe **Bryozoaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Grandes espèces dressées (Ascophores).*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Golfe de Fos-France).

bathymétrique 8 - 22 m.

milieu Blocs concrétionnés.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution de type industrielle.	Peuplements de bryozoaires.	Recensement sur quadrats

Principaux résultats : Perte de richesse spécifique en zone perturbée. Mise en évidence d'une espèce plus tolérante à la pollution: Myriapora truncata.

Références bibliographiques :

- Harmelin J.G., Hong J.S., 1979. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 25/26 (4) : 175-177.
- Harmelin J.G., Marinopoulos J., Zibrowius H., Bellan-Santini D., Perez T., 1995. Rapport COM - EDF : 1-46.

Mots clés: peuplements - lagune - prolifération

Groupe **Bryozoaires** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Tricellaria inopinata.*

Localisation d'étude :

géographique Lagune de Venise (Italie).

bathymétrique 0 - 3 m.

milieu Milieu saumâtre.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Importants changements des conditions environnementales de la lagune de Venise.	Peuplements de bryozoaires et particulièrement de l'espèce Tricellaria inopinata (espèce exotique).	Observations, mesures de biomasse.

Principaux résultats :

Large invasion de Tricellaria inopinata dans les vingt dernières années (1978-1997) avec une expansion maximale en 1989 et une réduction majeure des autres espèces.
Depuis 1997, cette espèce pourtant opportuniste tend aussi à disparaître.

Références bibliographiques :

- Occhipinti Ambrogi A., 1998. In : Proceedings of the 7th International Congress of Ecology INTECOL. (Eds : Farina, A ; Kennedy, J ; Bossù, V), Firenze (Italie) : 19-25.
- Occhipinti Ambrogi A., d'Hondt, J.-L., 1994. In : Proceedings of the 9th International Bryozoology Conference. (Eds : Hayward P.J. ; Ryland, J.S. ; Taylor, P.D.), Fredensborg : 139-145.

Mots clés: métaux lourds - dosage - structures portuaires

Groupe **Bryozoaires** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Antropora tincta, Celleporaria brunnea, Cryptosula pallasiana, Membranipora villosa, Rhynchozoon rostratum, Schizoporella sp., Scrupocellaria diegensis.*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Los Angeles-USA, Ile de Santa Catalina-USA).

bathymétrique 7 - 10 m.

milieu Structures portuaires.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution de type portuaire avec des métaux lourds.	Localisation des dépôts de métaux dans les organismes. Dosages des métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, fer, mercure, manganèse, nickel, plomb et zinc).	Localisation par Energy-Dispersive X-ray Analysis System. Dosages par spectrométrie d'absorption atomique.

Principaux résultats :

Du fer et du mercure sont accumulés dans les tissus (le fer est omniprésent).
Le chrome, le fer, le mercure, le nickel et le zinc sont accumulés dans l'exosquelette.

Références bibliographiques :

- Soule J.D., Soule D.F., 1980. Proceedings of the 5th International Conference on Bryozoa, Durham, 1980 (Eds : Larwood G.P., Nielsen P.D.) Olsen et Olsen, Fredensborg (Denmark) 1981 : 227-233.

Mots clés: pollution - hydrocarbures - malformations - ovicelles

Groupe **Bryozoaires** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Schizoporella unicornis.*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Willapa Bay,Washington-USA).

bathymétrique 10 - 30 cm.

milieu Substrats artificiels, milieu saumâtre.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution : dérivés de charbon et de goudron.	Morphologie des ovicelles (chambres embryonnaires).	Observation à la loupe binoculaire et au microscope électronique à balayage.

Principaux résultats : Hyperplasie (déformations anatomiques) des ovicelles pour les colonies en présence des dérivés de charbon et goudron.

Références bibliographiques :

- Powell N.A., Sayce C.S., Tufts D.F., 1970. J. Fis. Res. Board Can., 27 (11) : 2095-2098.

Caractère opérationnel du groupe:

BRYOZOAIRES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	3	abondance ☐ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	3	Grands Ascophores dressés.	
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	5		
	inorganiques:	4	Hg, Fe, Ni, Zn	
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	5		
	physiologiques:	5		
	morphologiques:	4	Malformations d'ovicelles	
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		5		

Synthèse critique du groupe : BRYOZOAIRES

Points forts :

Les bryozoaires sont des organismes très largement distribués. Certaines espèces sont particulièrement tolérantes en zones fortement polluées. De plus, ils appartiennent au pool d'espèces du fouling, ce qui implique une tolérance à de sévères conditions de pollution (notamment portuaires).
Par leur mode de nutrition (filtreurs actifs) et une absence de mobilité, les bryozoaires sont susceptibles d'intégrer et de refléter les changements environnementaux en substrats durs.
Certaines espèces, surtout les grands ascophores dressés, facilement identifiables in situ, pourraient participer au SEQ en tant qu'indicateurs écologiques.

Limites:

L'étude de la structure des peuplements dans leur intégralité nécessite des compétences taxonomiques pointues, sauf pour certaines grandes espèces. De plus, pour ce type d'étude, les méthodes d'échantillonnage peuvent être complexes.
Bien que les bryozoaires soient des organismes filtreurs actifs, les quelques études présentées ne permettent pas pour l'instant de présager une utilisation comme bioaccumulateurs. De plus, les lacunes dans les connaissances physiologiques de ces organismes impliquent un manque de données sur les mécanismes de réponses biologiques au stress.

Commentaires:

Les études de structure des peuplements de bryozoaires permettent d'envisager la création d'un indice d'évaluation, basé en particulier sur l'étude des populations de grands Ascophores dressés. Cette nouvelle perspective de recherche est en cours de développement dans le cadre d'un programme de recherche français.

Cahier N° : 13

ECHINODERMES

Description :

Animaux - Invertébrés

Photo ci-contre :

Paracentrotus lividus est une des espèces d'échinodermes les plus utilisées du groupe pour évaluer la qualité du milieu (Ph. J-G Harmelin).

Distribution

géographique	Large distribution
bathymétrique	0 m jusqu'aux grands fonds
milieu(x) occupé(s)	Tous types de substrats : durs, meubles, herbiers, en épibiose, etc..

Biologie

nutrition	Brouteurs, carnivores, microphages, détritivores
reproduction	Sexuée, sexes séparés
durée de vie	Variable selon les espèces

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☐

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: pollution - rejets domestiques et industriels- densité - oursins - holothuries - ophiures

Groupe **Echinodermes** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *19 espèces considérées dont : Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Sphaerechinus granularis ; Echinaster sepositus ; Holothuria tubulosa et H. forskali ; Ophiocomina nigra*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée (Marseille-Cortiou, Fos, Port-Cros)

bathymétrique: 2 - 35 m

milieu: Substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution domestique et industrielle.	Densité des populations de Macro-échinodermes.	Transects.

Principaux résultats :

Quel que soit le type de pollution, il y a une perte de richesse spécifique en se rapprochant de la zone de pollution maximale.
L'oursin Paracentrotus lividus pullule quand la pollution est domestique (émissaire de Cortiou) tandis qu'il disparaît rapidement en dessous de 10 m quand la pollution est de type industriel. Comme Paracentrotus lividus, Arbacia lixula pullule en zone de pollution domestique et disparaît à partir de 10 m quand la pollution est industrielle. Cette espèce est particulièrement sensible.
Sphaerechinus granularis pullule lui aussi dans les zones de pollution domestique et est absent dans les sites de pollution industrielle.
Les holothuries Holothuria tubulosa et H. forskali sont très sensibles à la pollution industrielle.
L'ophiure Ophiocomina nigra pullule quand la pollution est domestique et disparaît totalement lorsque la pollution est industrielle.

Références bibliographiques :

Harmelin J-G., 1980. 5èmes Journées Etud. Pollutions, CIESM, Cagliari : 671-678.
Harmelin J-G. et al., 1981. Téthys 10 (1) : 13-36.
Harmelin et al., 1995. Rapport COM/EDF, 46p.

Mots clés: pollutions - effluents urbains et industriels - présence / absence d'espèces

Groupe **Echinodermes** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *18 espèces d'échinodermes*

Localisation d'étude :

géographique: Atlantique sub-tropical (Sao Paulo - Brésil).

bathymétrique: maximum 15 m.

milieu: Substrats meubles.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution organique issue d'effluents urbains et industriels.	Présence / absence d'espèces. Analyses annexes d'O2 dissous, de salinité et de sels nutritifs (phosphates et nitrates).	Détermination des espèces au microscope stéréoscopique. (analyses faites selon les méthodes recommandées par l'Environmental Protection Agency).

Principaux résultats :

En 1964, 14 espèces ont été recensées. 8 ne sont plus présentes au moment de l'étude (1981).
La comparaison entre les deux études montre qu'il y a eu des changements dans la structure des peuplements d'échinodermes.
De plus, une différence dans les limites de tolérance apparaît chez les différentes espèces d'échinodermes.
L'apport de particules fines, modifiant les substrats, a un effet sur la distribution des espèces benthiques provoquant un changement dans la structure des peuplements d'échinodermes. Ainsi, certaines espèces adaptées à des substrats composés de sédiments grossiers ont disparu et se déplacent alors dans des zones moins affectées par le dépôt de particules fines. Les deux espèces d'ophiures Hemipholis elongata et Micropholis atra sont très abondante, et permettent de conclure à un faible impact sur leur distribution.

Références bibliographiques :

De Camargo T. M., 1982. Australian Museum Memoir 16 : 165-173.

Mots clés: contamination par les métaux lourds - radionucléides - accumulation - oursins

Groupe **Echinodermes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Paracentrotus lividus*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par divers métaux de l'oursin via l'eau environnante et la nourriture.	Concentration en Cd, Zn, Ag Concentration des radionuléïdes : 109Cd, 134Cs, 241 Am.	Dosage de Cd : SAA flamme. Comptages de radionucléïdes : spectromètre gamma à haute résolution

Principaux résultats :

Le Cd est accumulé en plus grande quantité par les oursins lorsqu'il s'agit de contaminent dissous.
Il apparaît que les parois digestives peuvent être un bon matériel pour mesurer l'accumulation de Cd.
Les concentrations en métaux et radionucléides peuvent se classer dans les différents compartiments de l'organisme de la manière suivante : paroi digestive > gonades > parois de l'organisme > lanterne d'Aristote > fluides coelomiques.

Références bibliographiques :

Warnau M., et al., 1995. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116 : 117-124.
Warnau M., et al., 1995. Mar. Ecol. Prog. Ser. 126 : 305-309.
Warnau M., et al., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser. 141 : 83-94.

Mots clés: rejets urbains et industriels - métaux lourds - accumulation - oursins

Groupe **Echinodermes** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Paracentrotus lividus, Arbacia lixula*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Italie)

bathymétrique 45 m

milieu Substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et industriels riches en métaux lourds.	Concentrations en métaux lourds : Zn, Cu, Pb, Mg, Ni.	Dosage des métaux dans les gonades et l'appareil digestifs par SAA.

Principaux résultats :

Paracentrotus lividus est absent des zones fortement contaminées.
A classe d'âge équivalente, le poids des oursins est plus faible dans les zones les plus polluées.
Les deux espèces d'oursins permettent d'observer un net gradient de pollution pour le Zn, le Cu, et le Pb.

Références bibliographiques :

Sheppard C.R.C. & Bellamy D.J., 1974. Mar. Pollut. Bull. 5 (3) : 42-44.

Mots clés: rejets métallurgiques - métaux lourds - métallothionéines - index gonadosomatique

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Strongylocentrotus droebachiensis*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège (Norvège)

bathymétrique

milieu Substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets d'usines métallurgiques à fortes teneurs en métaux lourds (Cd, Cu, Zn).	Concentration de Cd, Cu, Zn et métallothionéines (MTs). Mesure du diamètre des oursins.	Dosages des métaux par SAA flamme et des MTs par la méthode polarographique DPP dans l'intestin et les gonades.

Principaux résultats :

La taille et l'index gonadosomatique des oursins sont plus faibles en zone polluée que dans le site de référence.
Chez cette espèce, il apparaît qu'il vaut mieux doser les MTs dans l'intestin que dans les gonades.
Les MTs donnent de bonnes indications de la contamination du milieu par Cd et Zn.

Références bibliographiques :

Aspholm O.O. & Hylland K., 1998. Mar. Environ. Res. 45 (1-5) : 537-540.

Mots clés: apport d'eau thermohaline - Cuivre- Fer - malformations - oursins

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Tripneustes cf. gratilla*

Localisation d'étude :

géographique Mer Rouge (Israël)

bathymétrique 1 - 3 m

milieu Substrats durs (blocs rocheux, récifs)

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets d'une usine électrique et d'une usine de désalinisation : apport d'eau thermohaline (39 °C et 4,6 %) et riche en fer et cuivre.	Mesure du rapport Hauteur/Diamètre, du péristome et de la lanterne d'Aristote. Taux de croissance. Observation d'anomalies du test.	Mesures faites au pied à coulisse. Observations à la loupe binoculaire.

Principaux résultats :

Les oursins prélevés dans la zone polluée présentent d'importantes déformations :
- augmentation du rapport Hauteur/Diamètre de 30 % à 140% (maximum),
- péristome et lanterne d'Aristote larges,
- irrégularités dans les plaques du test et dans les épines.

Le taux de croissance est beaucoup plus faible pour les oursins prélevés dans les zones polluées.

Références bibliographiques :

Dafni J., 1980. J. exp. Mar. Biol. Ecol. 47 : 259-279.

Mots clés: rejets d'émissaire - oursins - taille des piquants - diamètre

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Sphaerechinus granularis*

Localisation d'étude :

géographique Marseille-Cortiou

bathymétrique 10 m

milieu Substrats durs

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet mixte à dominance domestique.	- Diamètres de Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Sphaerechinus granularis dans la zone des 10 m. - Taille des piquants.	Mesures au pied à coulisse.

Principaux résultats :

On note une réduction de la taille moyenne quand on se rapproche du débouché de l'émissaire :
Paracentrotus subit la plus forte réduction avec une baisse de 44% de sa taille moyenne, à classe de taille égale.
Le long du gradient de pollution, il y a une augmentation de la taille des piquants (jusqu'à la moitié du diamètre du test de l'oursin dans les zones les plus polluées). Cette augmentation est considérée comme une adaptation des individus, puisque la collecte de particules est ainsi plus active et efficace.

Références bibliographiques :

Delmas P., Régis M-B., 1985. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 300, Série III, n°4 : 143-146.
Harmelin J-G. et al., 1981. Téthys 10 (1) : 13-36.

Mots clés: pollution - métaux lourds - métallothionéines - thiols - Astéridés - alkaline phosphatase

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Asterias rubens (individus de 6 à 9 cm)*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège (Norvège)

bathymétrique 9 m

milieu In situ : sédiments meubles + Expérience in vitro sur sédiment.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets de métaux lourds par des usines métallurgiques (Cd, Zn, Cu, Hg, Pb). Expérimental : contamination par le Cd.	Mesures effectuées dans les caeca pyloriques : - concentration en métallothionéïnes (MTs), - distribution cytosolique en thiols et en métaux (Cd, Zn et Cu), - activité de l'alkaline phosphatase.	Dosages et mesures dans les caeca pyloriques : - Métaux : SAA - Thiols et MTs : DPP - Activité phosphatase alcaline : spectrophotométrie.

Principaux résultats : Les étoiles de mer collectées en zone polluée contiennent de fortes teneurs en MTs et de faibles activités phosphatase alcaline. Cette enzyme est considérée comme marqueur de l'état fonctionnel des caeca pyloriques. Les deux biomarqueurs sont faiblement corrélés.
Dans les sites non pollués, les concentrations en MTs sont faibles.

Références bibliographiques :

Temara A. et al., 1997. Aquat. Toxicol. 38 (1-3) : 17-34.

Mots clés: pollution - rejets urbains et industriels - métaux lourds - oursins - index gonadique

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Strongylocentrotus intermedius*

Localisation d'étude :

géographique Mer du Japon (Russie).

bathymétrique 2 - 3 m.

milieu Sédiments.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Débouchés de rivières et rejets urbains et industriels (ville de Vladivostok).	Index gonadique. Degré de maturation des gonades. Index de changements pathologiques des gonades. Concentrations en métaux lourds : Mn, Pb, Cu, Cd et Ni.	Dosages des métaux par SAA dans les gonades et la progéniture.

Principaux résultats : Les oursins issus des populations exposées aux rejets urbains et industriels présentent présentent une embryogénèse anormale et des modifications histopathologiques des gonades. On note également une augmentation des concentrations en métaux dans les gonades des stations polluées. Enfin, d'un point de vue physiologique, chez les oursins exposés à des rejets urbains et industriels la gamètogénèse est anormale.

Références bibliographiques :

Vashenko M. A. & Zhadan P. M., 1993. The Sci. Total Environ., suppl. : 1235 - 1245.

Mots clés: pollution par le Cuivre - oursins - fertilisation - division embryonnaire - développement larvaire

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Echinometra mathaei*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination du milieu en cuivre.	Effets sur trois stades du développement : - fertilisation, - division embryonnaire, - développement du squelette de la larve.	Microscope (X 100).

Principaux résultats :

Le niveau de tolérance à la contamination par le Cu évolue durant le développement de l'oursin depuis les œufs non fécondés jusqu'à la maturité.
La fertilisation apparaît être une période plus sensible que celle de la division cellulaire. Ce phénomène a déjà été constaté chez un oursin de mer tempérée : Anthocidaris crassispina.
Le rapide développement et la relative sensibilité de la larve pélagique d'Echinometra mathaei font que ce stade convient bien à l'évaluation et la quantification des effets du stress sur le développement.

Références bibliographiques :

Heslinga G. A., 1976. Mar. Biol. 35 : 155-160.
Kobayashi N., 1971. Publs seto mar. Biol. Lab. 18 : 379-406.

Mots clés: rejets urbains et industriels - oursins - embryogénèse - fécondation - division cellulaire

Groupe **Echinodermes** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Paracentrotus lividus, Sphaerechinus granularis*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et industriels.	Embryogénèse, division cellulaire, fécondation.	Observation au microscope électronique à balayage.

Principaux résultats :

Les biotests basés sur le développement embryonnaire et la fécondation des oursins sont bien standardisés et ont démontré une bonne reproductibilité ainsi qu'une haute sensibilité.
Les tests utilisant des sédiments sont beaucoup plus reproductibles que ceux utilisant de l'eau. Ils sont bien adaptés à l'étude de la distribution dans l'espace des contaminants.
Avec l'eau, il y a une grande variabilité des réponses en fonction du moment de la journée ou de l'année où est fait le prélèvement (effets de l'irrégularité des apports de contaminants), et du temps écoulé entre le prélèvement et le biotest.

Références bibliographiques :

Pagano G. & Romana L.A., 1991. Océanis 17 (4) : 367-381.

Caractère opérationnel du groupe: ECHINODERMES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	3	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	3	Macro-échinodermes	
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	5		
	inorganiques:	3	Cu, Zn, Cd, Pb.	
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	4	Métallothionéines (MTs), activités phosphatase alcaline	
	physiologiques:	5		
	morphologiques:	3	Effet sur la reproduction (index somatogonadique), déformations (H/D, péristome, lanterne d'Aristote)	
	comportementaux:	5		
Existence de Biotests		2	Arbacia punctuata, Paracentrotus lividus, Sphaerechinus granularis.	

Synthèse critique du groupe : ECHINODERMES

Points forts :

Les échinodermes sont en général assez facilement reconnaissables ce qui les rend utilisables pour des études de structure des peuplements en plongée.
Ils répondent bien aux pollutions domestiques et industriels. De plus, certaines espèces répondent spécifiquement à une pollution donnée.
Les quelques études sur la bioaccumulation montrent que certaines espèces (en particulier Paracentrotus lividus) et spécifiquement certains organes sont de bons bioaccumulateurs notamment vis à vis du Cd et du Zn.
Les échinodermes (échinides) sont un bon matériel biologique pour les biotests utilisant des biomarqueurs morphologiques réalisées sur des embryons, des larves ou des adultes.

Limites:

Les études sur les biomarqueurs ne sont pas assez développées et donc plusieurs techniques ne sont pas validées ou n'ont pas été testées sur ce groupe.

Commentaires:

Des recherches complémentaires sur la bioaccumulation, des biomarqueurs autres que morphologiques et les MTs des échinodermes sont nécessaires.

Le rapport de l'IARE (1995) a signalé différents tests de toxicité :
- aux E.U., Arbacia punctulata est utilisé pour tester la toxicité des effluents notamment les effluents chlorés et riches en métaux,
- Paracentrotus lividus et Sphaerechinus granularis permettent de tester la toxicité des effluents (effets sur la reproduction),
- Dendraster excentricus est utilisé comme indicateur de la toxicité de sédiments contaminés.

Cahier N° : 14

CRUSTACES

Description :

Animaux - Invertébrés - Arthropodes

Photo ci-contre :

Beaucoup d'études utilisant les crustacés comme bioindicateurs de pollution ont été réalisées sur Carcinus maenas (Ph. "Les Fruits de la mer", IFREMER).

Distribution

géographique	Très large distribution
bathymétrique	0 m aux abysses
milieu(x) occupé(s)	Tous types de substrats

Biologie

nutrition	Suspensivores, détritivores - omnivores, carnivores
reproduction	Sexuée, sexes séparés
durée de vie	Variable selon les espèces

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☑
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: pollution - émissaire - zone portuaire - peuplements de Copépodes

Groupe **Crustacés** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Peuplements meïobenthiques de Copépodes (crustacés) et de Nématodes (vers).*

Localisation d'étude :

géographique: Mer Egée (Grèce).

bathymétrique: 5 - 20 m.

milieu: Sédiments en milieu portuaire.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions de types domestique et portuaire.	- Présence / absence des copépodes et détermination systématique. - Mesure de COP, chla, phéopigments, Cu, Cd, Pb, Cr dans le milieu.	Loupe binoculaire. Analyse statistique de similarité.

Principaux résultats :

Les résultats indiquent une nette zonation pour les associations de nématodes suivant la proximité du polluant (débouché des égouts) ou des perturbations physiques (navigation). Pour les Copépodes, la zonation n'est pas aussi tranchée, bien que des changements apparaissent dans la structure des peuplements de l'intérieur vers l'extérieur de la zone portuaire. Les seules corrélations exprimées par l'analyse statistique entre les variables environnementales et la structure des peuplements, sont dues aux descripteurs profondeur, carbone organique, Cu et Cd pour les nématodes et cuivre pour les copépodes ; toutefois les corrélations sont relativement faibles. Il semble donc qu'en raison du peu de variabilité de leur concentration d'une station à l'autre, les métaux lourds n'ont guère d'impact sur les communautés méïobenthiques. Les structures des communautés du méïobenthos sont moins affectées que celles du macrobenthos.

Références bibliographiques :

Lampadariou N. et al., 1997. Vie Milieu 47 (1) : 9-24.

Mots clés: pollution type mixte - peuplements d'Amphipodes

Groupe **Crustacés** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Amphipodes : 35 espèces de Gammaridea et 4 espèces de Caprellidae*

Localisation d'étude :

géographique Marseille Cortiou (France).

bathymétrique 0 - 2 m

milieu Faciès à Cystoseira stricta, Mytilus galloprovincialis, Corallina cf. mediterranea

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution de type mixte.	Présence / absence et détermination systématique.	Microscope optique.

Principaux résultats :

Le processus d'altération du peuplement d'Amphipodes dans différents faciès de la biocénose des algues photophiles soumis à des pollutions multiples, a été étudié dans le temps et l'espace. Parallèlement à l'altération du peuplement global des stations soumises à la pollution, il a été observé :
- une diminution de la diversité spécifique des amphipodes,
- un balancement quantitatif parmi les espèces, favorisant les espèces mangeuses de particules et de détritus au détriment des brouteurs,
- une dominance pouvant atteindre 90 %, de deux espèces (Jassa falcata et Podecerus variegatus dans les stations les plus polluées.

Cette étude a permis de définir un indice. Cet indice est le nombre d'amphipodes du genre Jassa divisé par le nombre d'individus du genre Hyale, il croît généralement avec l'augmentation de la pollution.

Références bibliographiques :

Bellan-Santini D., 1981. Téthys 10 (2) : 185-194.

Mots clés: pollution - rejets industriels et domestiques - métaux lourds - Amphipode

Groupe **Crustacés** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Talitrus saltator (amphipode)*

Localisation d'étude :

géographique Golfe de Gdansk (Mer Baltique).

bathymétrique Frange côtière.

milieu Sédiments et substrats durs.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions industrielle et domestique. Rejets de deux rivières.	Concentrations en Zn, Cd, Cu, Pb, Ag, Ni, Fe, Mn.	SAA flamme.

Principaux résultats :

L'organisme choisi, l'amphipode Talitrus saltator, vit sur les rivages et est très facilement récoltable.
Les concentrations en métaux reflètent bien le niveau de contamination du milieu. Cependant, la taille de l'animal influe sur la concentration des métaux. Plus l'animal est grand, plus il concentre.

Références bibliographiques :

Rainbow P. S. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36 (3) : 193-200.

Mots clés: pollution - métaux lourds - Cirripèdes

Groupe **Crustacés** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Balanus amphitrite et Tetraclita squamosa (cirripèdes).*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (E.U. et Chine).

bathymétrique Zone intertidale.

milieu Substrats durs : gros blocs.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets domestiques, portuaires, industriels et agricoles.	Concentrations des métaux : Fe, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, Sn, Mg.	Dosages des métaux par ICP dans l'animal entier et dans les œufs.

Principaux résultats :

Le dosage dans l'animal entier permet de mesurer les polluants accumulés durant toute l'année. Ceux sur les œufs permettent de mesurer le taux d'accumulation durant la phase de reproduction.
Chez Balanus amphitrite, les concentrations en métaux des organismes reflètent bien la contamination de l'environnement. Cependant, les accumulations de Cu, Zn et Cd ne sont pas aussi significatives dans l'étude sur la côte des E.U..
Il y a de plus grandes concentrations d'altérants dans les œufs que dans l'organisme entier.
Tetraclita squamosa prélevé aux deux stations de référence est absent des autres stations car il ne survit pas dans les eaux turbides. Cette espèce montre des valeurs de concentrations identiques à celles de Balanus amphitrite. Les deux espèces répondent bien aux mêmes sources de pollution.
Ces espèces paraissent être sensibles aux variations de pollution qui se sont produites dans le passé et les reflétent bien.
Ces études préliminaires confirment le fait que les balanes sont d'excellents organismes de monitoring pour les métaux lourds. De plus, leur comportement grégaire permet une récolte facile.

Références bibliographiques :

Fialkowski W., Newman W. A., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36 (2) : 1338-143.
Blackmore G. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36 (1) : 32-40.

Mots clés: pollution - métaux lourds - radioisotopes - accumulation - Copépodes

Groupe **Crustacés** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Temora longicornis (copépodes)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (E.U.).

bathymétrique

milieu Colonne d'eau.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Apports de métaux lourds radioactifs : Ag, Cd, Co, Se, Zn.	Voie d'accumulation par l'intermédiaire de comptages d'éléments radioactifs.	Compteur de radioactivité

Principaux résultats : Cette étude a permis de comprendre quelles sont les voies d'assimilation principale pour les éléments considérés. Cela permet alors de mieux cibler les mesures de bioaccumulation selon les éléments. Les éléments issus du milieu (colonne d'eau) sont moins bien accumulés que les éléments ingérés par l'intermédiaire du phytoplancton. Les copépodes font partie du zooplancton, et sont ainsi à la base des chaines alimentaires. De ce fait, ils interviennent activement dans les cycles de vie de ces éléments contaminants.

Références bibliographiques :

Wiang W. X. & Fischer N. S., 1998. Limnol. Oceanogr. 44 (2) : 273-283.

Mots clés: pollution - métaux lourds - accumulation - mortalité - Amphipodes

Groupe **Crustacés** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Corophium volutator (amphipode)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Ecosse).

bathymétrique

milieu Expérience in vitro su sédiments meubles.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : Cu, Zn, Cd.	Mortalité des organismes. Concentrations en métaux des organismes.	SAA flamme.

Principaux résultats :

Il y a une augmentation de la mortalité et de la concentration de métaux dans les tissus avec l'augmentation de la concentration de contaminants dans le milieu.
Corophium volutator a tendance a fuir les sédiments contaminés.
Le cuivre est moins toxique que le Cd ou le Zn. Quand le milieu est contaminé par mélange de Zn et Cd, la prise de Cd par l'amphipode est moins importante. Comme chez les bivalves, il existe une compétition entre le Zn et le Cd.

Références bibliographiques :

Bat L. et al., 1998. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 223 : 167-184.

Mots clés: contamination par le Cadmium - métallothionéines - Décapodes

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Penaeus vannamei (crevette), Artemia sp., Procambarus clarkii (écrevisse)*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination du milieu par du Cd.	Concentration en métallothionéines (MTs).	Méthode de substitution des métaux (saturation à l'argent) pour Artemia (aniamal entier) et P. clarkii (hépatopancréas). DPP sur l'hépatopancréas pour P. vannamei.

Principaux résultats :

Il y a une bonne corrélation entre les concentrations en Cd et l'induction des MTs pour les trois espèces de crustacés.
L'induction de MTs chez P. vannamei suit un modèle dose/réponse sensible et rapide. Il implique un bon potentiel pour son utilisation dans le cadre de monitoring de pollution par métaux lourds. En particulier, cette technique pourrait être employée pour suivre la contamination par les métaux des crevettes commercialisées.

Références bibliographiques :

Ramo J. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 121-125.
Moksnes P.O. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 143-146.

Mots clés: pollution - PCB - hydrocarbures polyaromatiques - reproduction - mortalité - Amphipodes

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Melita nitida (amphipode)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (E.U.).

bathymétrique Zone intertidale.

milieu Dessous de rochers et débris, substrats meubles.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Estuaire subissant une pollution de type urbaine (New York) particulièrement riche en PCB et HAP.	Mortalité des organismes. Impact sur la reproduction (fécondité, anormalité des œufs).	Microscope électronique et loupe binoculaire.

Principaux résultats :

Lorsque les organismes sont placés en présence de sédiments issus de la baie polluée, la mortalité des femelles peut atteindre 80,6 % et les couvées sont réduites de 57 %. De plus, une grande proportion des femelles présentent des anormalités au niveau des organes portant les œufs. Ces anormalités sont facilement visibles et représentent un point de surveillance potentiel.
Il est probable que le principal agent toxique provoquant les anormalités soit les HAP mais cela reste à confirmer par des tests de toxicité.

Références bibliographiques :

Borowsky B. et al., 1997. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 214 : 85-95.

Mots clés: Exposition à des sulfides - Décapode - activité natatoire

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Crangon crangon (crevette)*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Expositions à des sulfides.	Comportement Crangon crangon. Mesure du pH de l'hémolymphe.	Observation de l'activité natatoire. Radiomètre analyseur d'acide/base.

Principaux résultats :

Exposé à une concentration croissante de sulfides, Crangon crangon montre un comportement qui est corrélé avec la concentration d'hydroxyde de sulfure dans l'hémolymphe :
- à 0,1 micromolaire d'hydroxyde de sulfure dans l'hémolymphe, la crevette commence à nager,
- à 0,2 micromolaire, la crevette panique (constrictions abdominales),
- à 0,4 micromolaire, la crevette est paralysée.

Références bibliographiques :

Vismann B., 1996. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 204 : 141-154.

Mots clés: hydrocarbures polyaromatiques - organostaniques - PCB - métaux lourds - pesticides - HSP

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ampelisca abdita (amphipode)*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (E.U.).

bathymétrique

milieu Expérience in vitro sur sédiments.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Mise en contact avec des sédiments riches en HAP, composés organostanniques (MBT, DDT, TBT), PCB, métaux lourds, pesticides…	Induction des protéines de stress des familles HSP 60 et HSP 70.	Electrophorèse (western blot).

Principaux résultats :

Une corrélation inverse entre le taux de survie et les niveaux de HSP 60 a pu être mise en évidence. Les niveaux d'HSP 60 sont corrélés positivement avec les concentrations de HAP totales. Le principal contaminant relié à la mortalité des amphipodes est une combinaison de plusieurs HAP (phénanthrène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)pyrène) et du di-n-butylphtalate. Des corrélations négatives entre HSP 60 et les organochlorés (MBT, DDT, TBT), entre HSP 70 et HAP, ben(b,k)fluoranthène et le benzo perylène ont pu être mesurées. Cela suggère que ces contaminants ont un effet inhibiteur sur l'expression des protéïnes de stress.
Les résultats de cette étude suggèrent que l'induction des HSP 60 et HSP 70 ne peut pas être associée à l'impact d'un mélange de polluants présents dans l'environnement. En effet, il peut exister des effets inhibiteurs, additifs ou synergiques potentiels modifiant les niveaux de présence des familles de HSP.

Références bibliographiques :

Werner I., et al., 1998. Mar. Environ. Res. 45 (4-5) : 417-430.

Mots clés: Cadmium - accumulation - développement des juvéniles - Mysidacées

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Siriella armata (mysidacées)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France).

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination du milieu en Cd.	- Accumulation de Cd dans l'animal. - Effet du Cd sur le développement des juvéniles de stade I.	SAA flamme. Microscope électronique à transmission.

Principaux résultats :

Les teneurs en Cd des organismes augmentent avec la contamination croissante du milieu.
L'étude révèle la haute sensibilité des juvéniles de stade I (sensibilité supérieure à celle des adultes) à des concentrations similaires à celles présentes dans la nature. Un effet négatif sur le développement et la croissance des juvéniles, et donc sur les populations, est possible. Le cycle de mue du juvénile de stade I est normal à des concentrations sublétales, des malformations apparaissent à la prochaine mue. A de fortes concentrations, la sécrétion de la nouvelle cuticule qui forme l'exosquelette est inhibée. Cette inhibition est liée à la compétition entre le Cd et le calcium.

Références bibliographiques :

Birmelin C. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 317-320.

Mots clés: pesticides - métaux lourds - organométalliques - développement embryonnaire - Décapode

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Callinectes sapidus (crabe)*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les pesticides, métaux, organométalliques.	Observations du développement des yeux, du cœur des embryons et du processus d'éclosion des larves.	Enregistrement vidéo.

Principaux résultats :

Lorsqu'il y a augmentation de la contamination du milieu, le développement des yeux et du cœur est anormal. On observe une baisse du nombre d'éclosions.
Le contaminant le plus toxique est le méthyl mercure. Il provoque l'arrêt des battements du cœur. Plusieurs polluants organiques et inorganiques, et en particulier les pesticides, inhibent l'éclosion des larves. Le développement anormal des yeux est causé principalement par les métaux.
Il existe plusieurs avantages à l'utilisation des embryons et larves :
- les embryons sont disponibles tout au long de l'année,
- ils sont sensibles aux contaminations,
- grâce aux réserves de vitellus, il n'y pas de problème de nutrition,
- le test de toxicité a une bonne reproductibilité,
- de nombreux tests de toxicité sont possibles pour un faible coût et peu de matériel,
- les tests sont courts et dépendants du stade d'évolution de la larve au début de l'expérience (2 à 6 jours).

Références bibliographiques :

Lee R., Oshima Y., 1998. Mar. Environ. Res. 46 (1-5) : 479-482.

Mots clés: pollution - métaux lourds - métallothionéines - stabilité lysosomale - Décapode

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Carcinus maenas*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Angleterre).

bathymétrique Rivage.

milieu Blocs et sédiments.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions industrielle, urbaine, domestique et minière.	Concentrations en métallothionéines (MTs) et en métaux lourds (Cu, Zn, Cd). HSP70. Stabilité lysosomale dans l'hémolymphe. Capacité à l'osmorégulation.	Dosages dans les branchies et dans l'intestin. MTs : substitution des métaux. HSP : western blot. Métaux lourds : SAA four et SAA flamme. Stabilité lysosomale : rouge neutre. Osmomètre.

Principaux résultats :

Les concentrations en MTs de l'intestin ne reflètent pas bien les concentrations en métaux mesurées dans les sédiments. Ces études indiquent que les MTs sont des biomarqueurs potentiels chez les crabes quand le milieu est contaminé par les métaux. Cependant, il est nécessaire de mesurer les concentrations en métal dans l'environnement pour avoir les corrélations entre métal et MTs.
Les niveaux de HSP 70 dans les branchies ne reflètent pas les concentrations en métaux de l'environnement, d'autant plus que les analyses statistiques montrent une grande variabilité inter-individuelle.
La fragilité lysosomale reflète les différents niveaux de pollution. Ainsi, une grande fragilité est notée dans les sites les plus pollués.
Les données d'osmolarité ne permettent pas de faire de conclusions sur la qualité de l'environnement. Cette technique nécessite des études supplémentaires.

Références bibliographiques :

Pedersen S. N. & Lundebye A. K., 1996. Mar. Environ. Res. 42 (1-4) : 241-246.
Wedderburn J. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46 (1-5) : 321-324.

Mots clés: Benzopyrène - PCB - Méthyl Mercure - activité enzymatique - Décapode

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Carcinus maenas*

Localisation d'étude :

géographique Crabes issus de la Méditerranée.

bathymétrique

milieu Expérimental.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Injection de benzopyrène, PCB, méthyl mercure.	Biomarqueurs biochimiques et génotoxiques : EROD, BPMO, NAD(P)H cyt.C réductase, NADH ferrocyanide réductase, porphyrine, AChE, BChE, intégrité de l'ADN, SCI, SGI.	Non spécifiées.

Principaux résultats :

L'intestin, l'hémolymphe, les excréta semblent être les supports des organismes les plus apropriées pour les études sur les biomarqueurs pour cette espèce.
Plusieurs biomarqueurs biochimiques, moléculaires et génotoxiques se révèlent être détectables et spécifiques de plusieurs tissus. Quelques biomarqueurs comme le BPMO (dans l'intestin et les branchies), l'intégrité de l'ADN (dans l'intestin) et la concentration en porphyrines (dans l'intestin et les excréta) semblent en particulier utilisables pour évaluer la contamination. L'activité estérase, l'activité EROD et différents indices demandent de futures investigations.
Ces résultats accompagnés d'études complémentaires permettront la définition d'une suite de tests de biomarqueurs à appliquer sur ces organismes.

Références bibliographiques :

Fossi M. C. et al., 1996. Mar. Environ. Res. 42 (1-4) : 29-32.

Mots clés: Cuivre - fréquence cardiaque - accumulation - métallothionéines - Décapode

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Carcinus maenas*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu Expérience in vitro.

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le cuivre.	Fréquence cardiaque. Concentration en cuivre des branchies. Métallothionéines (MTs) dans l'intestin. Quantité totale de protéines dans l'hémolymphe.	Métaux : SAA flamme. MTs :Méthode spectrophotométrique. Protéines : Pierce BCA protein.

Principaux résultats : Lorsque le milieu est contaminé par du cuivre, on observe une tachycardie. Si les concentrations en Cu deviennent trop fortes, il y a arrêt cardiaque. Le rapport poids sec sur poids frais de l'intestin, la quantité totale de protéines et les concentrations en MTs de l'intestin ne reflètent pas l'exposition au cuivre. Cette étude montre donc que le biomarqueur physiologique (fréquence cardiaque) est le paramètre le plus valable pour l'évaluation de la toxicité du cuivre. Le cuivre est un métal qui n'induit pas de MTs chez Carcinus maenas.

Références bibliographiques :

Lundebye A. K. & Depledge M. H.,1998. Mar. Environ. Res. 46 (1-5) : 567-572.

Mots clés: pesticides - insecticides - fungicides - additifs industriels - Décapode

Groupe **Crustacés** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pandalus borealis (crevette)*

Localisation d'étude :

géographique Arctique

bathymétrique

milieu Colonne d'eau

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination de l'eau par des pesticides, insecticides, fungicides et additifs industriels.	23 contaminants organochlorés.	Mesures des concentrations dans les muscles, l'hépatopancréas et les œufs par GC-MS et GC-ECD.

Principaux résultats :

Les concentrations des contaminants varient selon le sexe, l'âge, la saison et les organes.
Les plus fortes concentrations ont été décelées dans l'hépatopancréas.
Quelque soit le sexe, les plus fortes concentrations de contaminants sont constatées en avril et en octobre.
Les plus hauts niveaux de pesticides ont été trouvés dans l'hépatopancréas des femelles au mois d'avril. Ces pics de concentrations sont expliqués par le contenu lipidique des organismes, lié au cycle de reproduction.

Références bibliographiques :

Hellou J. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 44 (1) : 99-113.

Mots clés: métaux lourds - pesticides - acétylcholinestérase - LC50

Groupe **Crustacés** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Trigriopus brevicornis*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des métaux lourds et des pesticides. Etude des synergies.	Mesure de LC50, Acétylcholinestérase.	Taux de survie après 96 h d'exposition, puis dosage enzymatique.

Principaux résultats :

La toxicité d'un mélange de deux contaminants est toujours plus élevée que les toxicités ajoutées des deux éléments séparés. L'étude montre plusieurs degrés de toxicité correspondant à différentes synergies pesticide - métal. Les combinaisons les plus toxiques concernent les couples Cu-malathion et Cd-malathion. On observe une réduction concentration-dépendante de l'activité AChE. Excepté pour le couple Cd-Cu, on observe une réduction d'au moins 50% de l'activité AChE pour toutes les concentrations testées. Excepté pour les combinaisons avec le Cd, les différentes synergies diminuent l'activité AChE.
Au-delà des prévisions faites, les effets synergiques des contaminants présents dans l'environnement marin représentent un grand danger pour les organismes aquatiques.

Références bibliographiques :

Forget J. et al., (1999). Environ. Toxicol. Chem. (in press).

Caractère opérationnel du groupe: CRUSTACES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	4	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
d'un ou plusieurs taxons :	4	Amphipodes	
Participation à un (des) indice(s) ☑		Nombre d'individus du genre Jassa divisé par le nombre d'individus du genre Hyale	

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	3	PCB
inorganiques:	2	Cd, Cu, Zn
organométalliques:	5	

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	4	Intégrité de l'ADN
biochimiques:	3	Métallothionéines, AChE
physiologiques:	3	Stabilité lysosomale
morphologiques:	2	Caractères de l'œuf, de l'embryon, des larves Malformations ou inhibition de la mue
comportementaux:	3	Activité natatoire

Existence de Biotests

1	Arcatia tonsa, Chaetogammarus marinus, Crangon crangon, Mysidopsis bahia, Artemia salina, Nitrocra spinipes.

Synthèse critique du groupe : CRUSTACES

Points forts :

Toutes les approches méthodologiques ont été testées chez les crustacés.
Les espèces utilisées sont faciles à récolter (balanes, talitres, crabes, etc.).
Les crustacés sont de bons bioaccumulateurs (sauf Carcinus maenas).
Tous les types de biomarqueurs ont été testés et apparaissent utilisables. Beaucoup ont été réalisés sur Carcinus maenas, qui est une espèce largement distribuée et présente sur les trois façades maritimes françaises.
Les œufs, les embryons, les larves sont un matériel biologique facilement utilisable pour les tests de toxicité.

Limites:

Les études sur la structure des peuplements ont été réalisées sur des taxons (copépodes et amphipodes) nécessitant une bonne connaissance taxonomique.
Comme chez les bivalves, il existe une compétition entre le Zn et le Cd. Le taux d'accumulation du Cd peut être biaisé par les fortes concentrations en Zn de l'environnement.
Certains biomarqueurs ne reflètent pas les gradients de contamination (par exemple les métallothionéines induites par le cuivre chez Carcinus maenas).
Certains contaminants peuvent inhiber des HSP en modifiant et perturbant leurs niveaux de présence.

Commentaires:

Certaines espèces permettent de déceler des intéractions entre contaminants pour ce groupe.
Des études complémentaires sont nécessaires sur les biomarqueurs comme EROD ou l'activité estérase.

Le rapport de l'IARE (1995) a signalé différents tests de toxicité sur les crustacés :
- pour les boues de forage, tests normalisés de toxicité létale et sublétale utilisant :
  a - Arcatia tonsa, une espèce très sensible aux polluants comme le pétrole et les métaux,
  b - Chaetogammarus marinus, dont les larves sont utilisées pour tester la toxicité de la fraction soluble des boues,
  c - Crangon crangon, utilisé pour tester la toxicité des boues et des huiles,
  d - Mysidopsis bahia aux E.U., Artemia salina au Canada, Nitrocra spinipes en Suède
  e - Balanus improvisus qui ne se métamorphose pas en adulte,
- pour les pollutions en eaux saumâtres : Nitrocra spinipes permet d'évaluer la toxicité de produits chimiques et d'effluents industriels,
- pour la toxicité des effluents aux E.U : Mysidopsis bahia, le test s'effectue sur les juvéniles,
- pour les produits dispersants d'hydrocarbures : Artemia salina.

Cahier N° : 15

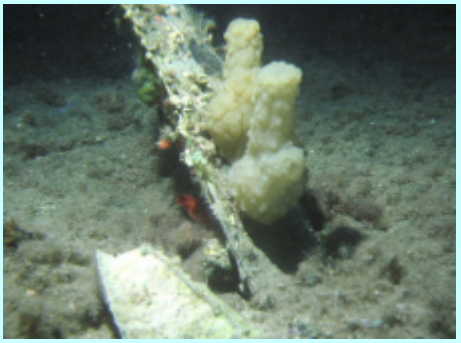
ASCIDIES

Description :

Animaux - Invertébrés - Sessiles - Tuniciers

Photo ci-contre :

Phalusia mamilliata est une ascidie commune dans les milieux turbides (Ph. P. Francour).



Distribution

géographique	Large distribution : mers tempérées et mers tropicales
bathymétrique	Depuis la surface jusqu'à plusieurs centaines de mètres de profondeur
milieu(x) occupé(s)	Substrats durs ou substrats durs enfouis dans des substrats meubles

Biologie

nutrition	Filtreurs actifs
reproduction	Sexuée
durée de vie	Inconnue

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: déblais de dragage - métaux lourds - Pacifique - récifs coralliens

Groupe **Ascidies** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascidiacés, Ascidia nigra, Ascidia sydneiensis, Ciona intestinalis, Ciona robusta*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Nouvelle Calédonie, Japon, Australie.

bathymétrique -12m à -20m

milieu Récifs coralliens

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Déblais de dragage liés à des activités minières.	Concentration en métaux lourds (Fe, Ni, Co et Cr) dans l'ensemble des tissus. Concentration en tunichrome dans le sang.	Métaux lourds : SAA flamme et Microscope optique (granules cellulaires). Tunichrome : fluorescence (méthode d'Oltz, 1987).

Principaux résultats :

Sur l'ensemble des métaux recherchés dans les ascidies, le Fer a été retrouvé en abondance ainsi que le Nickel. Le Cobalt et le Chrome n'ont pas été détectés dans les tissus des ascidiacés. En milieu tropical, Ascidia sydneiensis est le meilleur candidat pour les études écotoxicologiques (suivi du Fer et du Nickel). Chez cette espèce, le Fer est accumulé en milieu pollué dans la paroi, l'épithélium branchial, les cellules du sang, les oocytes et les spermatocytes. Le Nickel quant à lui est principalement stocké dans les cellules du sang.
Les tunichromes constituent un groupe de pigments se liant en particulier au Vanadium et au Fer. Ces pigments se trouvent dans les cellules sanguines de certaines ascidies tropicales. La structure de ces molécules ne diffèrent pas de celles trouvées dans les espèces des zones tempérées.

Références bibliographiques :

Brand S.G. et al., 1989. Comp. Biochem. Physiol. 93B : 425-436.
Bruening R.E. et al., 1985. J. Am. Chem. Soc. 107 : 5298-5300.
Michibata H., 1984. Comp. Biochem. Physiol. 78A(2) : 285-288.
Monniot F. et al., 1994. Ann. Inst. Oceanogr. Paris Nouv. Ser. 1(70) : 205-216.
Oltz E.M., 1987. PhD Thesis Columbia Inuversity, 165pp.
Parry D.L. et al., 1992. Bull. Mar. Sci. 50(2) : 302-306.

Mots clés: pollution - métaux lourds(Fe, Mn, V) - atlantique (USA)

Groupe **Ascidies** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascidia ceratodes, Ciona intestinalis, Styela montereyensis.*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : USA (Georgie)

bathymétrique -10m

milieu Substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine par les métaux lourds .	Mesures de la concentration de métaux lourds (Fe, Mn, V) dans le sac branchial et dans les cellules sanguines.	Dosages des métaux (sauf Hg) : SAA flamme. Dosage Hg : vapeur froide.

Principaux résultats : Parmi les espèces étudiées, Ascidia ceratodes fixe 4 fois plus de Vanadium dans son sac branchial que Ciona intestinalis et Styela montereyensis. Cette différence est encore plus grande en ce qui concerne l'accumulation du Vanadium dans les cellules sanguines. A. ceratodes accumulent particulièrement bien également le Fer et le Mercure dans le sac branchial et peut donc être considéré comme un indicateur intéressant dans le suivi de la contamination du milieu marin par ces métaux.

Références bibliographiques :

Cheney M.A. et al., 1997. Comp. Biochem. Physiol. 116C(2) : 149-153.

Mots clés: pollution portuaire - métaux lourds - hydrocarbures

Groupe **Ascidies** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascidiacées*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée, Atlantique, Manche : France

bathymétrique -5m à -10m

milieu Substrat rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution portuaire par les métaux lourds et les hydrocarbures.	Dosages d'hydrocarbures totaux et de métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) dans les tissus et les contenus digestifs d'ascidies.	Métaux lourds : SAA flamme. Hydrocarbures totaux : chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats : Les ascidiacées accumulent particulièrement bien dans leur tissu le Fer. Ces organismes accumulent également les hydrocarbures polyaromatiques. En comparaison, avec les mollusques autres que bivalves, les ascidies paraissent être de meilleurs indicateurs de la qualité du milieu au regard de la propriété de bioaccumulateurs. Le cosmopolitisme de nombreuses espèces d'ascidies permet d'envisager leur utilisation dans la surveillance d'une zone influencée par une activité humaine.

Références bibliographiques :

Monniot F. et al., 1986. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. France. 8(2) : 215-245.

Mots clés: test de toxicité - TBT - embryogénèse

Groupe **Ascidies** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Styela plicata*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Italie

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des concentrations de composés organométalliques (TBT, TPT, DBT, MBT) allant de 0,1 à 10µM.	Développement des embryons d'ascidies (stade morula et gastrula).	Microscopie électronique à transmission.

Principaux résultats :

Après une 1h d'exposition à une concentration de 10µM en TBT ou TPT, l'ensemble des stades larvaires des ascidies est affecté. Cependant, les stades du développement larvaire les plus sensibles et atteints les plus rapidement sont la gastrula et la neurula. Ces micropolluants organométalliques bloquent le développement des embryons ou entraînent des malformations irréversibles. Le bloquage de la mitose des cellules du blastomère est dû à l'inhibition de la polymérisation des microtubules du squelette cellulaire. L'effet tératogène des composés organométalliques dépend fortement de la liposolubilité de ces composés, le plus toxique étant le TBT.

Références bibliographiques :

Cima F. et al., 1996. Ecotoxicol. Environ. SAF. 35(2) : 174-182.
Cima F. et al., 1996. Fresenius Environ. Bull. 5(11-12) : 718-722.

Mots clés: charges particulaire inorganique - croissance - mortalité

Groupe **Ascidies** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ciona intestinalis, Ascidiella scabra.*

Localisation d'étude :

géographique Manche : France

bathymétrique

milieu Expérimentation in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Augmentation expérimentale de la turbidité (particules inorganiques de 25-30µm : terre de Fuller).	Mesure de la croissance des espèces (longueur, hauteur, largeur).	Mesure des dimensions à l'aide d'une règle graduée.

Principaux résultats :

L'augmentation expérimentale de la concentration en particules inorganiques (25 mg/l) entraîne un arrêt de la croissance de Ciona intestinalis, alors que la croissance d'Ascidiella scabra est réduite pour des valeurs de 70mg/l et complètement arrêtée à 120 mg/l. C. intestinalis ne survit que sur de courtes durées à des fortes concentrations de particules inorganiques : 100% de mortalité pour des concentrations variant entre 602 à 2424 mg/l. La mort des ascidies est due à leur incapacité à assimiler assez de nutrients pour satisfaire le maintien du métabolisme.

Références bibliographiques :

Millar R.H., 1971. Adv. Mar. Biol. 9 : 1-100.
Robbins I.J., 1983. J. Exp. Biol. Ecol. 70 : 65-78.
Robbins I.J., 1985a. J. Exp. Mar. Biol. Ecol.
Robbins I.J., 1985b. Mar. Pollut. Bull. 16(9) : 365-367.

Mots clés: Mercure - respiration tissulaire - division cellulaire

Groupe **Ascidies** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Ascidiella aspera, Phallusia mamillata*

Localisation d'étude :

géographique Océan Indien : Inde, Manche : France

bathymétrique

milieu Expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Evaluation expérimentale de la toxicité du Hg.	Respiration tissulaire, Taux de fertilisation et développement des œufs fécondés.	Mesure de la consommation en oxygène du pharynx et du manteau. Fonctionnement des canaux ioniques et observation de la division cellulaire dans les œufs fécondés.

Principaux résultats :

Chez Ascidiella aspersa, la valeur de concentration létale (LC 50-24h) est de 0,45 mg HgCl2/l (0,33 mg Hg/l). Pour les tissus pharyngés et du manteau, la valeur normale de consommation d'O2 est respectivement de 16,49µl O2/hr/mg de tissus et de 11,46µl O2/hr/mg. Pour une concentration létale de 0,6 mg HgCl2/l (0,44 mg Hg/l) la demande en oxygène diminue à 12,86 et 10,19µl O2/hr/mg.
Les ions mercuriques affectent à des concentrations submolaires (0,0625 à 2 µM) le fonctionnement des canaux Na+ et Ca2+ préexistants dans les membranes des œufs non fécondés. Ils affectent également les processus de division cellulaires au sein des œufs fécondés.

Références bibliographiques :

Franchet C. et al., 1997. J. Exp. Zool. 1997. 278(4) : 255-272.
Prakasam V.R. et Azariah J., 1991. J. Ecol. 3(2) : 106-109.

Mots clés: composés organochlorés - bioessais

Groupe **Ascidies** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Aplidium multiplicatum*

Localisation d'étude :

géographique Océan Indien : Inde

bathymétrique

milieu Expérimentation in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Action des organochlorés (PCB).	Croissance et formation des colonies.	Microscope optique.

Principaux résultats : L'utilisation des larves "têtard" de l'ascidie Aplidium multiplicatum peut être envisagée dans des bioessais concernant la toxicité des composés organochlorés. En effet, ces composés ralentissent la fixation et la croissance de ces larves.

Références bibliographiques :

Karande A.A. et Nakauchi M., 1981. Indian J. Mar. Sci. 10(1) : 93-95.

Mots clés: aménagement littoraux - sédimentation - composition du peuplement

Groupe **Ascidies** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplement d'ascidies*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Espagne (Catalogne et Baléares); Adriatique : Italie.

bathymétrique -1 à -10m

milieu Roche et fonds meubles littoraux, milieu portuaire

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Augmentation de la sédimentation due à des aménagements littoraux	Etude de la composition du peuplement d'ascidie.	Quadrat : 25x25cm.

Principaux résultats : Les peuplements d'ascidies soumis à des stress environnementaux (forte sédimentation ou pollution) montrent une diminution de la diversité spécifique par rapport aux peuplements non soumis à des stress. Les peuplements rencontrés dans les ports sont très sensibles aux variations environnementales. Ils présentent un très bas degré de maturité et sont très instables.

Références bibliographiques :

Turon X., 1988. Misc. Zool. 12 : 219-236.
Tursi A. et al., 1979. Mem. Biol. Mar. Oceanogr. 9(6) : 185-202.

Caractère opérationnel du groupe: ASCIDIES

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements: 4
- abondance ☐
- richesse spécifique ☑

d'un ou plusieurs taxons : 5

Participation à un (des) indice(s) ☐

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	4	Hydrocarbures.
inorganiques:	4	Fer, Mercure, Vanadium.
organométalliques:	5	

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	5	
physiologiques:	3	Respiration tissulaire, développement embryonnaire et larvaire.
morphologiques:	2	Métamorphose et taux de croissance chez B. schlosseri et B. leachi pour le suivi de détergents.
comportementaux:	6	

Existence de Biotests

1 — Toxicité des détergents : métamorphoses anormales et réduction de croissance (Botryllus schlosseri et Botrylloides leachi).

Synthèse critique du groupe : ASCIDIES

Points forts :

Le groupe des ascidies présente un certain nombre d'espèces cosmopolites permettant de suivre la contamination du milieu marin par les micropolluants, sur des façades littorales différentes (Atlantique, Manche et Méditerranée). L'identification des ascidies solitaires ne demande pas de compétences taxonomiques particulières. Les ascidies bioaccumulent particulièrement bien le Vanadium, le Fer et le Mercure. Elles peuvent être utilisées pour suivre la contamination du milieu marin par ces métaux lourds. Ces organismes sont également particulièrement intéressants pour suivre la pollution des écosystèmes par les hydrocarbures. La sensibilité du stade larvaire a permis de mettre au point des tests de toxicité pour les détergents. Enfin, étant particulièrement sensibles aux variations physiques du milieu, les peuplements d'ascidies permettent d'avoir une bonne image de l'évolution de la turbidité et de la sédimentation d'un site.

Limites:

Les ascidies coloniales demandent des compétences taxonomiques particulières. De plus, la distribution et la densité de ces organismes peut être, selon les espèces, un handicap pour un suivi en routine dans le cadre d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux littorales.

Commentaires:

La recherche de biomarqueurs biochimiques et de génotoxicité n'a pas été entreprise jusqu'à présent chez ce groupe. Il conviendrait dans l'avenir de développer cette approche, notamment en ce qui concerne : les métallothionéines, les HSP 70 et 90 et l'intégrité de l'ADN. Les premiers résultats obtenus sur les côtes italiennes et espagnoles, concernant la composition des peuplements d'ascidies, méritent d'être développées le long du littoral français.

Le rapport de l'IARE (1995) signale l'existence d'un test de toxicité non standardisés des détergents. Ce test utilise Botrylus schlosseri et Botrylloides leachi pour l'étude de la toxicité des détergents domestiques.

Cahier N° : 16

POISSONS

Description :

Animaux - Vertébrés - Mobiles

Photo ci-contre :

Les poissons de la famille des Sparidés ont été utilisés en Méditerranée et Atlantique comme bioaccumulateurs et pour des recherches de biomarqueurs. Aujourd'hui, des cultures d'hépatocytes de dorade grise sont utilisées pour des tests de toxicité d'effluents (Ph. J.G. Harmelin).

Distribution

géographique	Très large distribution
bathymétrique	Très large distribution, mais les espèces généralement étudiées sont côtières, donc relativement peu profondes (infra- et circalittoral)
milieu(x) occupé(s)	Tous les milieux : pleine eau, fond sableux, roche, herbiers…

Biologie

nutrition	Très variée : - planctonophages, brouteurs, prédateurs. - herbivores, omnivores ou carnivores
reproduction	Séxuée : ovipares ou vivipares
durée de vie	Plusieurs années voire décennies

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☑
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

National Monitoring Plan (NMP, Royaume Uni), Ecological Monitoring and Assesslent Network (EMAN, Canada), Benthic Surveillance Project (Etats Unis), Réseau de surveillance monégasque (Monaco).

Mots clés: peuplements - abondance - diversité - Méditerranée

Groupe **Poissons** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements de poissons*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Marseille)

bathymétrique 16-18 mètres

milieu Herbier de posidonies

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejet des eaux usées de la ville de Marseille.	Abondance, biomasse et diversité.	Récoltes de jour et de nuit à l'aide d'un petit chalut à perches.

Principaux résultats :

Deux stations du secteur de Marseille sont étudiées. La première est située sur la côte bleue, à l'ouest de Marseille. La seconde est à l'est, et est baignée par les eaux usées non épurées de Marseille.
La richesse spécifique et la diversité des deux stations sont plus importantes pour les récoltes de nuit. Pour des prélèvements effectués au même moment de la journée, il existe plus de similitudes entre les deux stations qu'entre les prélèvements de jour et de nuit d'une même station.
Cependant, la richesse spécifique et la diversité sont globalement plus faibles dans la zone sous influence des rejets urbains ; par contre l'abondance et la biomasse y sont plus fortes.

Références bibliographiques :

Bell J.D. & Harmelin-Vivien M., 1982. Téthys 10(4) : 337-347.

Mots clés: peuplements - larves - Australie

Groupe **Poissons** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements de larves de poissons*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Australie)

bathymétrique 0 et 30 mètres

milieu Récif corallien

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Trois émissaires urbains profonds (60-80 m).	Composition des peuplements de larves, abondance et richesse spécifique.	Séries de prélèvements au niveau des trois points de rejets, et trois contrôles.

Principaux résultats :

Six séries de prélèvements ont permis de recenser 24836 larves de 105 familles de poissons différentes. Plus de 80 % des prises ont été effectuées à 30 mètres. Des modifications significatives des peuplements à 30 m sont observées au niveau des rejets. Ces modifications sont variables en fonction des taxons considérés, de la saison et de l'émissaire étudié. Certaines espèces normalement localisées en profondeur sont observées en abondance près de la surface (larves de Bothidae).
Ces premiers résultats demandent plus d'études de terrain, afin de dégager les grandes tendances résultant de l'impact d'un émissaire profond.

Références bibliographiques :

Gray C.A. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull. 33 (7-12) : 190-200.

Mots clés: peuplements - émissaires profonds

Groupe **Poissons** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Peuplements de poissons*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Australie)

bathymétrique 12-16 mètres

milieu Région tempérée, zone rocheuse

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Emissaire profond.	Composition des peuplements, abondance et richesse spécifique.	Comptages visuels sur des transects de 60 m.

Principaux résultats : Les analyses de données montrent des différentes significatives des assemblages de poissons entre les stations proches de l'émissaire et les stations de contrôle. Ces différences sont très largement attribuées au déclin des populations de certains poissons tropicaux très communs. Globalement, l'abondance et la richesse spécifique sont moins importantes à proximité de l'émissaire. La richesse spécifique décroît parfois de 33 %. Par contre, on observe aussi une augmentation de l'abondance d'espèces cryptiques (petits poissons, résidents des grottes ou espèces camouflées).

Références bibliographiques :

Smith A.K. et al., 1999. Mar. Environ. Res. 47 : 241-260.

Mots clés: métaux lourds - flet

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique et mer du nord

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Métaux lourds : Hg, Cd, Cu, Pb, Zn.	SAA flamme et four.

Principaux résultats :

Le muscle du flet apparaît comme un bon outil pour le suivi de la contamination des aires côtières. Les données récoltées sur les côtes françaises sont bien corrélées avec les niveaux de contamination connus grâce au RNO.
Au Danemark, on effectue un bilan de 6 ans d'utilisation de cet organisme pour le suivi de deux stations côtières. Les données sont traitées à travers des régressions multiples incluant des variables biologiques. Excepté pour le Zn dans les femelles, les différents éléments dosés ne montrent pas de variations liées à des paramètres biologiques. Une augmentation régulière du taux de Cd est observée aux deux stations. Zn et Cu augmentent dans les femelles d'une station, et le Zn dans les males de l'autre station. Les taux de Zn et Cu sont donc liés au sexe des flets.
Ce modèle statistique est utile pour bien interpréter les séries à long terme de données.

Références bibliographiques :

Cossa D. et al., 1992. Ambio. 21(2) : 176-182.
Jensen A. & Cheng Z., 1987. Mar. Pollut. Bull. 18(5) : 230-238.

Mots clés: métaux lourds - flet -morue

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet), Gadus morhua (morue)*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège

bathymétrique

milieu Fjord

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution par les métaux lourds.	As, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg.	SAA vapeur froide, flamme et four.

Principaux résultats :

Les analyses de métaux lourds sont effectuées sur un net gradient de pollution dans le fjord. Les résultats sont comparés à ceux obtenus avec des moules.
Globalement les poissons contiennent moins de métaux lourds que les moules des mêmes stations. La moule répond globalement bien au gradient de pollution. Un gradient est uniquement observé pour As dans les tissus de la morue, alors que pour le flet, le seul gradient observé est celui du Hg.
La moule est considérée comme un bien meilleur organisme sentinelle que les deux espèces de poissons.

Références bibliographiques :

Julshamn K. & Grahl-Nielsen O., 1996. Mar. Pollut. Bull. 32(7) : 564-571.

Mots clés: PCB - DDT - comparaisons

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Reinhardtius hippoglossoides (turbot du Groenland), Hippoglossoides platessoides (plie américaine), Pleuronectes ferruginea, Gadus morhua (morue)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique du nord-ouest

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des organochlorés.	23 organochlorés différents dont les PCB, DDT, HCH, HCB.	Dosages séparés des muscles, foies et gonades. Chromatographie gazeuse.

Principaux résultats :

Les PCB représentent 21 à 35 % des organochlorés présents dans les foies, et 24 à 31 % dans les muscles.
Les organochlorés sont quasi indétectables dans les gonades. Généralement, les femelles des plies et des flets présentent des concentrations plus faibles que les males.
Les concentrations dans le foie suivent l'ordre suivant : morue > turbot > plie > flet.
Les concentrations dans les muscles suivent l'ordre suivant : turbot > plie > flet > morue.
Toutes les concentrations mesurées sont corrélées avec le contenu lipidique des poissons.

Références bibliographiques :

Hellou J. & Payne J.F., 1993. Mar. Environ. Res. 36 : 117-128.
Hellou J. et al., 1993. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 25 : 497-505.
Hellou J. et al., 1995. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 29 : 302-308.

Mots clés: métaux lourds - espèces commerciales

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *230 espèces différentes*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique du nord-ouest

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Accumulation des métaux lourds à travers la chaîne alimentaire (Cu, Mn, Ni).	Plusieurs campagnes de pêche à travers l'Atlantique. SAA flamme.

Principaux résultats :

Globalement, le Cu est mieux accumulé par le foie, alors que le Mn est prépondérant dans les branchies. Le Ni est distribué de la même façon dans toutes les parties du corps.
Généralement, la concentration décroît avec la taille croissante du poisson. Chez les poissons osseux, il existe des variations interspécifiques liées aux modes de nutrition. Mais, on n'observe pas une concentration des métaux le long de la chaîne alimentaire.

Références bibliographiques :

Vas P. et al., 1993. Mar. Pollut. Bull. 26(11) : 607-612.

Mots clés: PCB - DDT - TBT - hydrocarbures - Méditerranée

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *Mullus barbatus (rouget), Mugil cephalus (mulet ou muge), Dicentrarchus labrax (bar ou loup), Thunnus thynnus (thon rouge)*

Localisation d'étude :

géographique: Méditerranée (Espagne)

bathymétrique:

milieu:

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution mixte (industrielle et urbaine).	PCB, DDT, Hexachlorobenzene (HCB), divers HAP, TBT, TDT, TPT.	Chromatographie gazeuse. Flurométrie en UV.

Principaux résultats :

Les PCB sont bio-magnifiés à travers la chaîne alimentaire, alors que les hydrocarbures sont au contraire biodégradés. Ces composés sont beaucoup plus importants dans le foie, qui intervient dans les processus de métabolisation, que dans le muscle de thon.
De forts niveaux de contamination sont aussi observés dans le rouget. Cela s'explique par l'importance de la masse lipidique. Le loup présente les mêmes tendances de bioaccumulation que le rouget. Par contre, le mulet accumulent plus de DDT et de HCB que ces deux espèces. Les concentrations en organochlorés diminuent chez le rouget et augmentent chez le mulet quand la taille augmente. Aucune relation claire n'est montrée chez le loup.
Le rouget apparaît être le meilleur candidat pour des recherches de contaminants chez les poissons, car il était présent sur tous les sites étudiés. De plus, il donne une image des niveaux de contamination similaire à celle donnée par la moule, et traduit bien la contamination des sédiments.
Aucune des espèces testées n'est appropriée à la recherche du TBT. Ils ne sont pas détectés dans les muscles de poissons, et à très faibles concentrations dans les autres organes. Le TPT est le composé majoritaire dans le foie de rouget.

Références bibliographiques :

Morcillo Y. et al., 1997. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 32 : 198-203.
Pastor D. et al., 1996. Mar. Pollut. Bull. 32(3) : 257-262.
Porte C. & Albaiges J., 1993. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 26 (3) : 198-203.

Mots clés: métaux lourds - Méditerranée - espèces commerciales

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Diplodus vulgaris (sar à tête noire), Siganus rivulatus, Sardinella aurita (sardinelle), Boops boops (bogue)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée orientale (Egypte)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Pb, Cd, Cr.	Dosage des muscles en SAA flamme.

Principaux résultats :

On observe peu de différences inter-spécifiques significatives. Les seules exceptions notables concernent le Fe et le Zn qui sont plus importants dans la sardinelle. Le facteur de concentration est calculé pour chacune des espèces. Les facteurs de concentration des différents éléments sont classés de la façon suivante : Ni > Pb > Cr > Fe > Mn > Cu > Cd.
Ni et Pb sont les éléments qui sont le plus accumulés avec respectivement des facteurs de concentration de 1303-3133 à 680-1478, alors que celui du Cd est le plus faible (105-202).

Références bibliographiques :

Aboul-Naga W.F., 1996. Int. J. Environ. Health Res. 6 : 289-300.

Mots clés: mercure - Me-Hg - sar

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Plusieurs espèces dont Diplodus sargus (sar commun)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Archipel des Açores)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Hg et MeHg.	SAA vapeur froide. GC-MS.

Principaux résultats : Excepté pour le sar, les concentrations en Hg mesurées dans les muscles de poissons sont faibles (0,043 à 0,371 ppm). De grandes variations interindividuelles sont observées chez les sars de taille moyenne. On mesure de 0,132 à 24,61 ppm de Hg. La forme organique du Hg, le MeHg, représente 80 % du total.

Références bibliographiques :

Andersen J.L. & Depledge M.H., 1997. Mar. Environ. Res. 44(3) : 331-350.

Mots clés: espèces commerciales - organochlorés

Groupe **Poissons** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *25 espèces commerciales*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique tropical (côtes du Nigeria)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Estuaire du Niger. Pollution essentiellement urbaine et industrielle.	Organochlorés (DDT, PCB, HCB), Lindane, endosulfan, Aldrin.	Chromatographie gazeuse.

Principaux résultats : Les poissons ont accumulé plus de heptachlor, HCB et aldrine que des mollusques, mais moins de PCB et de DDT. Les prédateurs ont accumulé plus de résidus que les planctonophages. Le squale Galeoides decadactylus est identifié comme l'espèce la plus prometteuse pour effectuer un suivi de la contamination. Le rapport DDT/PCB est inférieur à 1, et indique une prédominance de l'industrie sur l'agriculture comme source de pollution.

Références bibliographiques :

Osibanjo O. & Bamgbose O., 1990. Mar. Pollut. Bull. 21(12) : 581-586.

Mots clés: cytochrome P450 - turbot - hydrocarbures

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Scophtalmus maximus (turbot)*

Localisation d'étude :

géographique

bathymétrique

milieu expérience in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Exposition à des hydrocarbures polyaromatiques HAP.	Métabolites des HAP dans la bile. Induction du cytochrome P4501A1 (CYP1A).	Mesures de fluorescence. Activité EROD.

Principaux résultats :

Les poissons en aquarium sont continuellement exposés à des concentrations croissantes de HAP de 0,5 à 2 mg/l. Aucune induction de CYP1A n'est observée. Un taux maximum de métabolites fluorescents dans la bile est observé après 24 heures d'exposition. Ce taux est de 4 à 5 fois supérieur au niveau de référence. Le processus de détoxication induit une diminution du taux de métabolites à partir du 4ème jour.
La détection des métabolites fluorescents dans la bile apparaît être plus sensible que l'activité EROD pour mesurer les effets d'une contamination par les HAP.

Références bibliographiques :

Camus L. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 29-32.

Mots clés: morue - métabolites des HAP - bile - cages

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gadus morhua (morue)*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège

bathymétrique

milieu Cages à poissons dans un fjord

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution industrielle.	Métabolites fluorescents des HAP dans la bile.	Mesures de fluorescence.

Principaux résultats :

Après 30 jours d'exposition, on observe une augmentation d'un facteur 20 à 50 de la fluorescence dans les spécimens à proximité de la source de pollution. Les poissons accumulent essentiellement les HAP associés aux particules en suspension. Ils traduisent un bon gradient de pollution par les hydrocarbures.
L'utilisation combinée des poissons en cage et des métabolites fluorescents dans la bile s'avère un bon outil pour l'évaluation in situ de la qualité des eaux côtières.

Références bibliographiques :

Aas E. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 221-228.
Aas E. & Klungsoyr J., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 229-232.
Beyer J. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 233-236.

Mots clés: métabolites des HAP - cytochrome P450 - EROD - morue - flet - cages

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet), Gadus morhua (morue)*

Localisation d'étude :

géographique Mer de Norvège

bathymétrique 20-30 mètres

milieu Cages à poissons en Fjord

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des hydrocarbures polyaromatiques (HAP), des organochlorés (PCB) et les métaux lourds.	Métabolites des fluorescents des HAP dans la bile de poisson. Induction du cytochrome P4501A1 (EROD).	Dosages des polluants dans les poissons. Mesures de fluorescence. Activité Enzymatique, test ELISA.

Principaux résultats :

Il existe un gradient de contamination des sédiments en HAP, PCB et métaux lourds depuis le fond du fjord jusqu'à 200 km vers l'extérieur.
Des différences de contamination par les métaux lourds sont observées dans la morue, mais moins dans le flet. Du caging résulte une forte accumulation de HAP, mais peu de PCB. Un gradient spatial est mis en évidence pour les HAP et l'induction du CYP1A mesurée par EROD ou le test ELISA.
Globalement, les réponses biologiques sont plus marquées chez le flet que chez la morue.
Dans les deux espèces, les quantités de métabolites fluorescents dans la bile sont de 5 à 20 fois plus importantes en fond de fjord qu'à l'extérieur. L'activité EROD est 5 à 10 fois plus élevée en fond de fjord que vers l'extérieur.
Le caging de poisson semble être une approche prometteuse pour la détermination des niveaux de contamination et l'étude de biomarqueurs sur le terrain.

Références bibliographiques :

Beyer J. et al., 1996. Rapport 43pp.
Beyer J. et al., 1996. Aquat. Toxicol. 36(1-2) : 75-98.
Goksoeyr A. et al., 1994. Aquat. Toxicol. 29(1-2) : 21-35.

Mots clés: cytochrome P450 - EROD - flet - plie - limande

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet), Pleuronectes platessa (plie), Limanda limanda (limande)*

Localisation d'étude :

géographique Mer de nord (21 sites)

bathymétrique

milieu zone côtière et large

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des hydrocarbures polyaromatiques (HAP) et des organochlorés (PCB)	Induction du cytochrome P4501A1 (EROD).	Test ELISA et dosages enzymatiques.

Principaux résultats :

Le flet vit principalement à la côte et dans les estuaires alors que la plie et la limande vivent partout en mer du nord.
Dans la limande, les plus hauts niveaux d'expression d'EROD sont observés dans des stations relativement propres, mais où la température de l'eau du fond est très basse. Des valeurs considérablement plus faibles sont observées à proximité des sites les plus contaminés, et où la température est plus haute. Des régressions multiples faisant intervenir plusieurs paramètres chimiques physiques et biologiques, montrent des corrélations significatives entre la contamination par les PCB et l'activité EROD chez la limande. Par contre, la corrélation inverse entre EROD et la température est aussi hautement significative et a été vérifiée en laboratoire.
Chez les deux autres espèces, on n'observe pas de corrélations entre l'expression du CYP1A, la température et les niveaux de contamination. Ce manque de corrélation peut être expliqué par l'intervention d'autres facteurs biologiques, physiques ou chimiques, qui peuvent masquer des contaminants organiques.
L'induction du CYP1A ou l'activité EROD ne peuvent pas être appliquées en l'absence de connaissances sur les facteurs interagissant avec la contamination.

Références bibliographiques :

Eggens M. et al., 1995. Aquat. Toxicol. 32 : 211-225.
Sleiderink H.M. et al., 1995. Aquat. Toxicol. 32 : 189-209.
Sleiderink H.M. et al., 1995. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28 : 423-430.
Sleiderink H.M. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 67-71.

Mots clés: flet - cytochrome P450 - EROD - métallothionéines - GST - comparaisons

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet)*

Localisation d'étude :

géographique mer de Norvège et mer Baltique

bathymétrique

milieu Expériences in vitro et in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Divers biomarqueurs dont: Cytochromes P450 total et 1A (CYP450 et CYP1A), métallothionéines (MTs), glutathion s-transferase (GST) et activités AHM, HEM-S, APND, ALA-S.	Méthode polarographique (MTs) et activités enzymatiques.

Principaux résultats :

Expérimentalement, on observe que le flet est capable d'exprimer des biomarqueurs en fonction d'une contamination organique (CYP450 et GST) et inorganique (MTs-Cd).
Sur le terrain, CYP1A, APND, ALA-S et HEM-S sont plus exprimés lorsque l'on se rapproche d'un rejet urbain. L'expression de ces marqueurs est corrélée avec les taux en HAP dans les tissus du flet. L'activité AHH est aussi importante, mais ne montre pas de variations significatives sur le gradient de pollution.
Dans l'optique d'une évaluation globale de la toxicité, l'analyse des activités APND, ALA-S et HEM-S semble prometteuse.

Références bibliographiques :

Hylland K. et al., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 223-227.
Bogovski S. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 13-16.

Mots clés: cytochrome P450 - EROD - limande - dragonnet

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Limanda limanda (limande), Callionymus lyra (dragonnet)*

Localisation d'étude :

géographique Manche (Baie de Seine)

bathymétrique

milieu Estuaire

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Forte contamination par des polluants organiques.	Induction du cytochrome P4501A1 (EROD).	Dosages enzymatiques.

Principaux résultats :

EROD est appliquée au suivi sur 3 ans de la contamination en 6 points de l'estuaire de la Seine. Généralement, l'activité EROD est plus élevée au printemps. Chez les deux espèces, les individus immatures et les males expriment une plus forte activité. Globalement, les poissons des zones les plus exposées présentent les activités EROD les plus élevées. Cependant, ce n'est pas toujours la station la plus exposée qui présente la plus forte activité. La liaison entre EROD et la contamination par les HAP n'est pas toujours claire. EROD est probabalement affectée par d'autres paramètres physico-chimiques. L'utilisation d'un seul marqueur spécifique ne permet pas de diagnostiquer toutes les situations de contamination du milieu. Il doit être couplé avec l'emploi d'autres marqueurs.

Références bibliographiques :

Beliaeff B. & Burgeot T., 1997. Mar. Ecol. Prog. Ser. 153 : 239-246.
Burgeot T. & Galgani F., 1994. Océanis 20(3) : 79-88.
Burgeot T. et al., 1994. Ecotox. Environ. Saf. 29 : 131-147.
Godefroy D. et al., 1996. J. Rech. Oceanogr. 21(3-4) : 83-87.

Mots clés: cytochrome P450 - EROD - divers poissons plats

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pleuronectes vetulus (sole anglaise), Lepidopsetta bilineata (sole de roche), Platichthys stellatus (flet étoilé)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique du nord-est

bathymétrique

milieu Fjord

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination sévère par des composés organiques.	Induction du cytochrome P4501A1 à travers deux activités enzymatiques : - Activité EROD, - Activité Hydrocarbon Hydroxylase (AHH).	Test ELISA (CYP1A) et dosages enzymatiques.

Principaux résultats :

Les dosages sont effectués en deux sites différents, un très pollué et une autre moins, sur des poissons jeunes, afin de minimiser les effets de la reproduction et des migrations.
Les trois méthodes de mesure montrent des différences significatives entre les deux stations d'induction du CYP1A. Le CYP1A peut donc être un bon marqueur de contamination, pourvu que l'on contrôle les variables biologiques les plus importantes. Les analyses statistiques ont démontré que les dosages immunologiques du CYP1A (ELISA) ou le dosage enzymatique AHH présentaient moins de variabilités dues aux espèces ou à la saison, et moins de variations inexpliquées, qu'EROD.

Références bibliographiques :

Collier T.K. et al., 1995. Environ. Toxicol. Chem. 14(1) : 143-152.

Mots clés: stabilité lysosomale - cytochrome P450 - inhibition - hépatocytes

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Spondyliosoma cantharus (dorade grise)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Cultures cellulaires in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des hydrocarbures polyaromatiques (HAP) et des métaux lourds.	Stabilité des membranes lysosomales, Induction du cytochrome P4501A1.	Test rouge neutre, Activité EROD.

Principaux résultats :

Des expériences de toxicité sont réalisées sur des cultures de cellules de foie de dorades grises issues d'un élevage méditerranéen. Les effets cytotoxiques des métaux lourds sont mesurés par le test rouge neutre. Les EC50 et la toxicité des différents éléments sont classées comme suit :
Cd (57 µM) > Cu (234 µM) > Pb (544 µM) > Zn (722 µM).
L'exposition des cultures d'hépatocytes à un HAP induit une production de CYP1A et une augmentation de l'activité EROD. Cependant cette induction est inhibée lors d'une exposition simultanée des hépatocytes au 3MC et aux métaux lourds. Les métaux lourds sont donc susceptibles de réduire l'activité EROD, mais aussi l'induction de CYP1A et de son ARN messager.

Références bibliographiques :

Brüscheweiler B.J. et al., 1996. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 31 : 475-482.
Risso-de Faverney C. et al., 1998. In "Biomarkers in marine ecosystems : a practical approach", Garrigues, Walter & Barth (eds), sous presse.

Mots clés: sardine - cytochrome P450 - zooplancton

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Sardina pilchardus (sardine)*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Espagne)

bathymétrique sub-surface

milieu pleine eau, zone estuarienne

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des composés organiques (HAP, PCB, DDE).	Induction du cytochrome P4501A1 (EROD).	Western blot (CYP1A total) et activité enzymatique (EROD). Dosages de contaminants organiques dans le zooplancton.

Principaux résultats :

Les concentrations en contaminants organiques (HAP, PCB, DDE) dans le zooplancton sont globalement similaires dans toutes les stations étudiées. L'activité EROD la plus faible est enregistrée au site le plus proche de l'estuaire de Bilbao. Aux autres sites, EROD est bien corrélée aux niveaux de contamination. D'autres contaminants sont probablement responsables de l'inhibition de l'activité enzymatique au plus proche de la source de pollution (ex. métaux lourds). Les biomarqueurs peuvent être appliquées sur des larves de poissons, pour mesurer l'impact de la pollution sur les jeunes stades de vie.

Références bibliographiques :

Peters L.D. et al., 1994. Mar. Pollut. Bull. 28(5) : 299-304.

Mots clés: cytochrome P450 - EROD - GST - rouget - loup

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mullus barbatus (rouget), Dicentrarchus labrax (loup ou bar)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu Elevage en aquarium, et expérience in situ

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution urbaine. Exposition aux HAP.	Cytochrome P4501A1 (EROD), glutathion S-transferase (GST)	Dosages enzymatiques et immunologiques.

Principaux résultats :

Les quantités de CYP1A et l'activité EROD dans le loup sont accrues après une exposition à différentes concentrations d'un HAP (naphtoflavone). Sur le terrain, les valeurs moyennes d'EROD sont toujours plus importantes dans le rouget que dans le loup. Par contre, chez le rouget, on observe des variations sexe-dépendantes, EROD étant toujours plus importante chez les males. Cette variation est plus ou moins prononcée suivant la saison. EROD est généralement plus importante d'octobre à février, puis diminue en juin juste avant la période de reproduction.
L'activité GST est globalement faible, et il n'existe généralement pas de variations interspécifiques ou saisonnières.

Références bibliographiques :

Lafaurie M. et al., (198?). Advances in Applied Biotechnologies Series 5 : 141-152.
Mathieu A. et al., 1991. Ecotox. Environ. Saf. 22 : 45-57.
Novi S. et al., 1998. Aquat. Toxicol. 41 : 63-81.

Mots clés: EROD - acétylcholinestérase - adduits - ADN - GST - rouget

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mullus barbatus (rouget), Serranus hepatus (serran tambour), Serranus cabrilla (Serran chèvre)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (19 stations entre Espagne, France et Italie)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Cytochrome P4501A1 (EROD), Acétylcholinestérase (AChE), Adduits à l'ADN et glutathion S-transferase (GST).	Activités enzymatiques Test ELISA.

Principaux résultats :

Le rouget apparaît être la meilleure espèce de poisson pour de la biosurveillance. Le rouget était présent à toutes les stations suivies et est très facile à échantillonner.
Pour le rouget, les plus fortes activités EROD ont été enregistrées à Barcelone, Millazzo (Sicile) et Oestia (Italie). Les deux espèces de serran n'étaient pas présentes en ces stations. Aux autres stations, l'activité EROD est toujours plus importante dans le rouget que dans les serrans. Les valeurs enregistrées à Marseille-Cortiou sont moitié moins importantes que celles des trois stations les plus touchées. AChE est inhibée par les organophosphates. Dans le rouget et le serran chèvre, c'est à Marseille que l'on observe les plus fortes inhibitions d'AChE. C'est aussi à Marseille, que l'on observe la plus forte activité GST. Les taux d'adduits à l'ADN dans le rouget ne sont pas corrélés avec EROD. Cependant les plus grandes quantités d'adduits de HAP sont aussi observées à Barcelone et Millazo, alors qu'à Marseille il y en a moins.
Ces différents résultats démontrent la complémentarité de plusieurs indicateurs biochimiques et génotoxiques pour évaluer l'impact d'un complexe de contaminants.

Références bibliographiques :

Burgeot T. et al., 1996. Mar. Ecol. Prog. Ser. 131 : 125-141.

Mots clés: limande - cholinestérases - estuaires

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Limanda limanda*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord - 7 stations sur un transect de 360 km

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse. Proximité de deux estuaires.	Acétylcholinestérase (AChE) et Butyrylcholinestérase (BChE).	Dosage enzymatique.

Principaux résultats : Les plus fortes activités mesurées concernent l'AChE. Les plus fortes valeurs sont enregistrées dans les muscles et le cerveau. Pour BChE, les plus fortes sont dans les muscles et le foie. Les mesures dans le muscle déterminent une inhibition croissante de AChE en se rapprochant de la côte. BChE montre la même tendance. Il n'existe pas de variations spécifiques dues à la taille ou au sexe des poissons. Le gradient ainsi déterminé résulte des effets neurotoxiques de composés provenant des rivières Elbe et Weser. Les liens entre ces inhibitions et des pathologies chez les poissons restent à démontrer.

Références bibliographiques :

Galgani F. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91 : 77-82.

Mots clés: limande - métaux lourds - métallothinéines

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Limanda limanda*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord - 7 stations sur un transect de 360 km

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse. Proximité de deux estuaires.	Métallothionéines (MTs). Cu, Zn, Cd.	Méthode immunologique, dosages en SAA des métaux lourds.

Principaux résultats :

Les taux de MTs dans la limande reflètent bien les concentrations hépatiques en métaux lourds.
Chez les femelles, la meilleure corrélation est faite entre les MTs et le Zn, alors que chez les males c'est avec une combinaison de Cu et de Cd. Les variations d'expression de MTs sont d'origine endogène et environnementale. Les MTs et les concentrations en métaux dans le foie de la limande ne traduisent pas les concentrations présentes dans les sédiments. Par contre, elles sont bien liées aux niveaux de contamination de deux espèces d'invertébrés (un pagure et un vers polychète).

Références bibliographiques :

Hylland K. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91(1-3) : 89-96.
Stagg R. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91(1-3) : 105-115.

Mots clés: métaux lourds - métallothioéines - sars - rascasses

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Scorpaena porcus (rascasse), Scorpaena scrofa (chapon), Diplodus annularis (pataclet)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Golf de Gabès, Tunisie)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions diverses.	Cd, Cu et Zn. Métallothionéines.	Dosage des métaux dans les branchies et les foies des trois espèces en SAA flamme. Dosage des MTs dans les mêmes organes par la méthode polarographique.

Principaux résultats :

Le teneurs en MTs sont corrélées aux teneurs en Zn dans le foie, aux teneurs en Cd, Cu et Zn dans les branchies. Ces relations sont traduites pas les équations suivantes :
Scorpaena porcus (foie) : [MT] = 4,39 - 0,73 [Cd] + 2,32 [Zn] - $r^2 = 0,81$
Scorpaena scrofa (foie) : [MT] = 1,47 - 0,65 [Cu] + 1,35 [Zn] - $r^2 = 0,91$
Scorpaena porcus + Scorpaena scrofa : [MT] = 1,17 - 6,72 [Cd] + 0,82 [Cu] + 0,14 [Zn] - $r^2 = 0,99$ (branchies)
Diplodus annularis (branchies) : [MT] = 0,59 - 21,04 [Cd] + 1,26 [Cu] + 0,21 [Zn] - $r^2 = 0,99$

Ces résultats montrent que les corrélations entre les teneurs en MTs et en métaux sont complexes et qu'elles varient d'un organe à l'autre, et en fonction de l'espèce considérée. Les teneurs maximales en MTs ont été observées chez les femelles matures, ce qui conduit les auteurs à suggérer d'éviter les femelles matures comme bioindicateurs.

Références bibliographiques :

Hamza-Chaffai et al., 1995. Comp. Biochem. Physiol. 111C : 329-341.

Mots clés: métallothionéines - cuivre - benzo(a)pyrène - loup

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Dicentrarchus labrax (loup ou bar)*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée

bathymétrique

milieu expériences in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Injection intra-péritonéale de Cuivre (500 ng/g), de benzo(a)pyrène (20 µg/g) et d'un mélange des deux.	Métallothionéines dans le foie.	Méthodes polarographique et spectrophotométrique.

Principaux résultats :

Les deux méthodes de mesure sont bien corrélées
Quand le Cu est injecté aux poissons, le taux de MTs diminue, alors qu'un mélange de Cu et de BaP induit un doublement du taux de référence. Quand le BaP est injecté seul, le taux de MTs est à la fois inférieur au contrôle et au taux après traitement par le Cu seul.

Références bibliographiques :

Roméo M. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 44(3) : 275-284.

Mots clés: génotoxicité - adduits - cytochrome P450 - perche - morue

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Perca fluviatilis, Gadus morhua*

Localisation d'étude :

géographique Mer Baltique

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution industrielle.	Adduits à l'ADN, Induction du cytochrome P4501A1 (EROD).	Technique de post-marquage au 32P et autoradiographie, Dosage enzymatique.

Principaux résultats :

Les perches ont été capturées en des sites pollués et non pollués. Le taux d'adduits à l'ADN est mesuré dans le foie. Les taux des poissons contaminés varient de 6 à 22 nmol d'adduits / mol de nucléotides. Les taux de référence sont compris entre 0,2 et 0,6 nmol d'adduits. Ainsi, la quantité d'adduits à l'ADN dans les poissons contaminés peut être 100 fois supérieure à la normale. Sur les mêmes poissons, l'activité EROD n'a pas montré de variations significatives. Il n'existe pas de corrélations entre les résultats des deux méthodes. Dans les larves de morue, les mêmes mesures ont été réalisées. Le taux d'adduits de référence est autour de 0,12 nmol, et peut passer à 2,3 nmol en site plus contaminé.

Références bibliographiques :

Ericson G. et al., 1995. Mar. Environ. Res. 39 : 303-307.
Ericson G. et al., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 119-123.

Mots clés: génotoxicité - adduits - espèces commerciales

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Mugil sp. (mulet), Mullus barbatus (rouget), Alosa falax (Alose), Merlangius merlangus (merlan), Sprattus sprattus (sprat), Platichthys flesus (flet)*

Localisation d'étude :

géographique Mer noire (Turquie)

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Faible contamination par les hydrocarbures.	Adduits de HAP à l'ADN.	Technique de post-marquage au 32P et autoradiographie.

Principaux résultats :

Des captures de poissons benthiques, démersaux et pélagiques sont effectuées durant 3 ans. Elles incluent des herbivores, des omnivores et des carnivores.
Il existe des variations interspécifiques des taux d'adduits. Mais, on n'observe pas de corrélation significative avec le sexe, le poids, la taille ou le mode de nutrition. Les taux varient de 3 à 20 adduits pour 100 millions de nucléotides. Ces petites quantités d'adduits sont significatives d'un faible niveau de contamination. Cependant, les foies de poissons présentent tout de même des quantités non négligeables de HAP : 11 à 56 ppm.

Références bibliographiques :

Telli-Karakoç F. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull. 36(9) : 696-704.

Mots clés: flet - lysosomes

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Platichthys flesus (flet)*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord

bathymétrique

milieu substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse, proximité d'un estuaire.	Système lysosomal, stabilité des membranes.	Microscopie électronique.

Principaux résultats :

Des différences significatives de l'état du système lysosomal sont observées dans les hépatocytes des poissons capturés sur un gradient de pollution :
- Augmentation du nombre et de la taille des lysosomes.
- Fragilisation des membranes.
- Accumulation de granules lipidiques.

L'observation du système lysosomal donne une bonne indication du point de rupture entre la capacité adaptative des foies de poissons et l'observation de blessures.

Références bibliographiques :

Köhler A., 1991. Comp. Biochem. Physiol. 100C(1-2) : 123-127.
Köhler A. & Pluta H.T., 1995. Mar. Environ. Res. 39(1-4) : 255-260.

Mots clés: limande - stabilité lysosomale - neutral red

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Limanda limanda*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord - 7 stations sur un transect de 360 km

bathymétrique

milieu substrats meubles et cultures in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse, proximité d'un estuaire.	Système lysosomal, stabilité des membranes.	Microscopie électronique. Test rouge neutre et acridine orange sur hépatocytes.

Principaux résultats :

Les perturbations du système lysosomal dans le foie de limande indiquent, par l'accumulation de lipides neutres insaturés dans les lysosomes, des lésions tissulaires précoces, et ce indépendamment de la phase de développement des gonades. La fragilité des membranes lysosomales reflète de façon sensible une progression vers une dégénération du foie. La fragilité des membranes lysosomales et l'accumulation de lipides neutres ont montré des variations significatives sur le gradient de pollution.

L'objectif de l'étude in vitro est d'évaluer la potentialité de techniques in vitro pour des études d'effets biologiques sur un gradient de pollution bien déterminé.
Le test rouge neutre confirme bien le gradient de pollution démontré par d'autres techniques d'évaluation. Les deux méthodes, rouge neutre et acridine orange, sont bien corrélées entre elles. De plus, il existe une relation inverse avec le taux de PCB dans le foie de poisson.

Références bibliographiques :

Köhler A. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91 : 141-153.
Lowe D.M. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91 : 135-140.
Moore M.N. et al, 1994. In: "Non destructive bioarkers in vertebrates", Fossi & Leonzio (eds).

Mots clés: morue - reproduction

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Gadus morhua*

Localisation d'étude :

géographique Mer Baltique

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Succès de reproduction.	Captures de spécimens en phase de reproduction, et fertilisation en milieu contrôlé. Observation des différents stades de développement.

Principaux résultats : Afin de tester l'hypothèse, selon laquelle les morues ne se reproduisent pas correctement en Baltique, une étude comparative des succès de reproduction est effectuée. La station de référence est choisie en mer de Barents. Les observations montrent que le succès de reproduction est considérablement moins important en Baltique. On observe une forte mortalité des stades précoces du développement, des insuffisances du sac vitellin et des malformations larvaires.

Références bibliographiques :

Akerman G., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 139-144.

Mots clés: limande - pathologies externes - nodules

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Limanda limanda*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord - 7 stations sur un transect de 360 km

bathymétrique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution diverse.	Lymphocystis, Hyperplasie épidermique / papillome, ulcères perçant ou cicatrisant, maladies des branchies et nodules de foie (pour comparaison)	Observations de pathologies externes.

Principaux résultats : Les deux pathologies externes les plus importantes sont l'hyperplasie épidermique / papillome et le lymphocystis. La première pathologie est présente selon un bon gradient de pollution de la côte vers le large. Il existe de bonnes corrélations entre ce paramètre et des mesures de contaminants dans le foie. Par contre, le lymphocystis présente une tendance opposée. La technique de suivi des nodules de foie, recommandée par l'ICES, n'est pas ici très performante. Cette technique d'histopathologie doit être appliquée pour confirmer l'observation de pathologies externes, directement visibles à l'œil nul.

Références bibliographiques :

Vethaak A.D., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91 : 171-172.
Vethaak A.D. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 91 : 173-192.

Mots clés: contamination organique - vitellogénine - reproduction - perturbation

Groupe **Poissons** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Salmo salar (saumon atlantique), Onchorhynchus mykiss (truite arc-en-ciel), Zoarces viviparus (blennie vivipare), Micropogonias undulatus*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique

bathymétrique

milieu Expériences in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des produits phénolés, phthalates et organochlorés.	Induction de vitellogénine (Vtg).	Test ELISA.

Principaux résultats :

La vitellogénine, comme d'autres lipoprotéines, serait impliquée dans le transport et l'accumulation d'organochlorés dans les ovaires des poissons exposés. De plus, il est suggéré que des xénobiotiques présents dans l'environnement puissent agir comme des hormones sexuelles femelles. L'objectif de ces études est d'identifier les produits chimiques pouvant avoir des effets oestrogéniques.
L'exposition des différentes espèces au nonylphénol induit une production de vitellogénine dans le sang. Cette induction est encore plus importante lorsqu'on les expose à un complexe de contaminants. L'induction de Vtg traduit un désordre dans le système de reproduction de spécimens males, induit par des polluants organiques.

Références bibliographiques :

Arukwe A. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 133-136.
Christiensen L.B. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 137-140.
Christiensen L.B. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) : 141-144.
Ungerer J. & Thomas P., 1996. Mar. Environ. Res. 42(1-4) : 167-171.

Caractère opérationnel du groupe: POISSONS

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	4	abondance	☑
		richesse spécifique	☑
d'un ou plusieurs taxons :	5		
Participation à un (des) indice(s)	☐		

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	1	Nombreux organochlorés, organophosphates et hydrocarbures polyaromatiques
inorganiques:	1	Divers métaux lourds (dont Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, As, Mn et Ni)
organométalliques:	1	Méthyl-mercure

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	1	Adduits à l'ADN
biochimiques:	1	Cytochrome P450 (activité EROD), Glutation S-transferase, Métabolites fluorescents dans la bile.
physiologiques:	3	Perturbation du système lysosomal, lésions et nodules dans le foie
morphologiques:	1	Pathologies externes (lymphocystis, hyperplasie épidermique)
comportementaux:	5	

Existence de Biotests

4	Succès de reproduction en milieu contrôlé

Synthèse critique du groupe : POISSONS

Points forts :

D'une manière générale, le grand intérêt que l'on porte aux poissons est à l'origine de la quantité d'études réalisées sur l'impact de la pollution sur ces organismes. Tous les types de polluants sont actuellement dosés chez les poissons. Des protocoles sont aujourd'hui bien standardisés, et l'on trouve sans peine des échantillons de référence. Grâce à la pêche professionnelle, l'échantillonnnage peut être aisé et peu coûteux. Par leur situation dans les réseaux trophiques, les poissons permettent de mesurer l'impact de pollution à d'autres niveaux que ceux des filtreurs. Plusieurs tests biomarqueurs ont été développés et standardisés chez les poissons, dont l'activité EROD qui est couramment employée dans les réseaux de biosurveillance. Les processus de détoxication sont aussi bien connus.

Limites:

De nombreuses études ont montré que les poissons étaient de moins bons organismes sentinelles que les filtreurs. Les dosages de polluants dans les différentes parties du corps et l'expression de biomarqueurs montrent de grandes variations interspécifiques, et les espèces actuellement étudiée sont très différentes d'une façade maritime à une autre. Des variations dans les réponses sont dues à l'état physiologique de l'animal, et en particulier aux périodes de reproduction et de migrations. Elles peuvent être aussi saisonnières, fonction des sources de nutrition, ou sexe-dépendantes. La mobilité, même parfois réduite, des poissons ne permet pas d'avoir une idée précise de la distribution spatiale des agents altérants.

Commentaires:

Malgré les limites connues comme bioaccumulateurs ou modèles pour des recherches d'effets biologiques, les poissons sont, avec les mollusques bivalves, les animaux les plus employés dans les réseaux de surveillance de la qualité des milieux aquatiques. Ils restent utiles pour des dosages de contaminants pour des raisons de santé publique. Pour cette raison, il convient de s'intéresser essentiellement aux espèces à hautes valeurs commerciales.
Dans l'optique d'une évaluation écologique de la qualité du milieu marin à l'aide des peuplements de poissons, de nombreux efforts sont à réaliser. Tout ou presque reste à faire! Les quelques études recensées ont pour la plupart été réalisées en milieu sub-tropical ou tropical. Peu de pistes existent pour l'élaboration d'un outil d'évaluation de la qualité des eaux côtières.
Pour les mesures d'effets biologiques à l'aide de biomarqueurs, plusieurs espèces cibles sont maintenant bien identifiées : - le flet, la limande et la morue en Manche et Atlantique - le rouget, les serrans et la dorade en Méditerranée. L'emploi de cultures cellulaires pour réaliser des biotests en laboratoires peut s'avérer une bonne piste à suivre. Des tests de toxicité d'effluents, utilisant les modèles hépatocytes de dorades et de truites, avec une batterie de biomarqueurs spécifiques et non spécifiques, font d'ailleurs l'objet d'une étude en phase terminale.

Cahier N° : 17

MAMMIFERES

Description :

Animaux-Vertébrés-Cétacés-Pinnipèdes

Photo ci-contre :

Le grand dauphin est une espèce cosmopolite menacée, au même titre que les autres odontocètes, par les contaminations par les composés organochlorés (Ph. P. Francour).

Distribution

géographique	Large distribution : mers polaires, tempérées et tropicales
bathymétrique	Domaine pélagique
milieu(x) occupé(s)	Pleine mer

Biologie

nutrition	Carnivore (Odontocètes) : ichtyophages et teutophages; Planctonophages (Mysticètes)
reproduction	Sexuée
durée de vie	Plusieurs dizaines d'années

Approches

Indicateurs écologiques ☐

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

National Marine Mammal Tissue Bank (NMMTB)-USA
National Biomonitoring Specimen Bank (NBSB)-USA
Alaska Marine Mammal Tissue Archival Project (AMMTAP)

Mots clés: pollution - métaux lourds - Odontocètes - Mysticètes

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés Odontocètes : Delphinus delphis, Orcinus orca, Physeter macrocephalus, Stenella ceruleoalba, Tursiops truncatus, Ziphius cavirostris. Mysticètes : Baleanoptera physalus*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Mer Ligure, Italie, Espagne, Atlantique : Grande Bretagne

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale en métaux lourds du bassin occidental de la Méditerranée	Métaux lourds : Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Se, Ti, Va, dans : le foie, la graisse, la langue, les muscles, les reins et le cerveau (à partir d'autopsie) la peau provenant de biopsie.	Pour le Cu et le Zn : ICP-AES Autres métaux : SAA flamme

Principaux résultats : Par l'intermédiaire des relations trophiques, les cétacés odontocètes placés au sommet de la pyramide alimentaire subissent les répercussions des pollutions par les métaux lourds. Le Fe et le Hg se retrouvent à des teneurs élevées dans le foie. Pour le Fe, les valeurs sont 8 fois plus importantes que le maximum admissible pour l'homme et 1,5 fois plus grandes pour le Hg. Le Ti est stocké dans la langue, alors que le Cr est présent dans les tissus nerveux et le Cd est stocké de façon privilégié dans les reins.
Enfin, chez Stenella coeruleoalba l'existence de différences géographiques des teneurs en métaux lourds, entre l'Espagne et l'Italie, semble refléter l'existence de 2 populations distinctes dans le bassin occidental de la Méditerannée.

Références bibliographiques :

Augier H. et al., 1993a. Cellular and Molecular Biology. 39 : 621-634.
Augier H. et al., 1993b. Mar. Pollut. Bull. 26 : 306-311.
Law R.J. et al., 1997. Mar. Pollut. Bull., 34(3) : 208-212.
Monaci F. et al., 1998. Environ. Pollut. 99 : 61-68.
Viale D., 1978. Ann. Inst. Océanogr. Paris Nouv. Ser. 54(1) : 5-16.

Mots clés: pollution - pesticides - PCB - Odontocètes - Mysticètes - zone arctique

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés odontocètes : Delphinidés, Hyperoodontidés, Orcinus orca, Physeter macrocephalus, Stenella coeruleoalba. Mysticètes : Balanopteridés*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Italie (Mer Tyrrhénienne), France- Atlantique : Espagne, France, Grande Bretagne

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale par les PCB, le DDT et dérivés.	Mesures des DDD, DDE, DDT, PCB dans le foie, la graisse, le cerveau, les muscles, les reins, l'estomac et le spermaceti (cachalot) prélevés sur les animaux morts.	Pour l'ensemble des composés : Chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats :

D'une façon générale, les résultats montrent que la contamination par les PCB et le DDE varie très largement en fonction du régime alimentaire, de l'âge et du sexe. Les Odontocètes ichtyophages et plus particulièrement Stenella coeruleoalba et Delphinus delphis sont plus contaminés que les espèces partiellement ichtyophages et teutophages. Les teneurs les plus faibles ont été décelées chez les Mysticètes. Dans l'ensemble, les animaux immatures sont plus contaminés que les adultes de la même espèce. De plus, chez Physeter macrocephalus, les femelles paraissent plus contaminées que les mâles. Enfin, il n'existe pas de relation étroite entre les teneurs en PCB et les lésions pathologiques observées à l'autopsie, mais certaines observations laissent penser que la santé des dauphins pourrait être menacée lorsque les concentrations en PCB dépasse 20 mg/kg de tissu lyophilisé.

Références bibliographiques :

Aguilar A., 1983. Mar. Poll. Bull. 14(9) : 349-352.
Aguilar A., 1987. Mar. Mamm. Sci. 3(3) : 242-262.
Aguilar A., 1991. Canadian Journal of Zoology. 69 : 1408-1412.
Aguilar A. et Borrel A., 1994. Sci. Total. Environ. 154 : 237-247.
Alzieu C. et Duguy R., 1979. Oceanol. Acta. 2(1) : 107-120.
Bortolotto A., Casini L., Stanzani L., 1992. Dolphins mortality along the southern Italian coast (June-Septembre 1991). Aquat. Mamm. 18(2) : 56-60.
Duinker J.C. et al., 1989. Aquat. Mamm. 15(3) : 95-114.
Focardi S. et al., 1990. 4 Annu conf. Of the European Cetacean Society, Palma de Mallorca (Spain) : 108-110.
Law R.J. et al., 1997. Mar. Poll. Bull., 34(3) : 208-212.
Marsili L. et Focardi S., 1997. Environ. Monit. Assess.
Marsili L. et al., 1997. MEPS. 151: 273-282.
Skaare J.U., 1998. Workshop Coppenhagen, 5pp.

Mots clés: pollution - PCB - DDT - organocholorés - biopsie - Odontocètes - Mysticètes

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés Odontocètes : Delphinapterus leucas*
Mysticètes : Balaenopteroides (B. acutorostrata, B. physalus, B. musculus)

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Canada (Golfe du Saint Laurent); Mer de Baffin : Canada; Mer de Béring : Alaska

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination du milieu marin par les PCB, DDT et composés organochlorés.	PCB, DDT et organochlorés dans : - de la graisse provenant de biopsies (baleines). - dans la graisse, le cerveau, le cœur, les reins et les muscles d'animaux morts échoués (baleines et odontocètes).	Chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats :

Les biopsies de graisse chez les baleines (couche superficielle d'une partie du corps) permettent de fournir des échantillons suffisants et représentatifs pour l'étude de la contamination par les PCB et les organochlorés.
Les concentrations en DDT sont significativement moins importantes chez B. acutorostrata que chez les autres Balaenopteroides. En revanche, quelque soit l'espèce, les concentrations en PCB et en composés organochlorés sont généralement plus grandes chez les mâles que chez les femelles.
Chez Delphinapterus leucas dans le Golfe du Saint-Laurent (milieu semi-fermé), les mesures de concentration en PCB ont permis d'identifier les points de rejets responsables de la contamination du milieu. En revanche, les mesures réalisées chez cette espèce près du cercle arctique (milieu ouvert), montrent que le transport des contaminants se fait sur de longues distances et qu'il est impossible d'en localiser le point d'origine. Enfin, les échantillons de cerveau se distinguent de ceux des autres tissus par les les congénères de PCB accumulés et par les fortes concentrations en HCH (hexachlorocyclohexane).

Références bibliographiques :

Aguilar A. et Borrell A., 1991. Mar. Environ. Res. 31 : 275-286.
Gauthier J.M. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 43(3) : 157-179.
Gauthier J.M. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 44(2) : 201-223.
Kiceniak J.W. et al., 1997. Environmental Pollution. 97 : 205-211.
Massé R. et al., 1986. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 15 : 567-579.
Metcalfe C. et al., 1999. Mar. Environ. Res. 47 : 1-15.
Muir D.C.G. et al., 1996. Environmental Pollution, 93 : 219-234.
Schantz M.M. et al., 1993. Sci. Total. Environ. 139-140 : 323-345.
Skaare J.U. et al., 1994. Coppenhagen-Denmark Ices, 16pp.
Skaare J.U., 1998. Workshop Coppenhagen, 5pp.
Stern G.A. et al., 1994. Meddr. Gronland. Biosci. 39 : 245-259.
Zeisler R. et al., 1993. Sci. Total. Environ. 139-140 : 365-386.

Mots clés: pollution - métaux lourds - Odontocètes - Mysticètes - zone artique

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés Odontocètes : Delphinapterus leucas, Monodon monoceros*
Mysticètes : Balaena mysticetus

Localisation d'étude :

géographique Mer de Baffin, Mer de Bering : Alaska

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination générale du milieu marin.	Mesure des concentrations en Ag, Cd, Hg, Se, Va dans les tissus hépatiques. Mesure des concentrations en As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn dans le foie, les reins, les muscles et la graisse.	SAA flamme

Principaux résultats :

Les concentrations en Ag, Cd, Hg, Se et Va chez le béluga (Delphinapterus leucas) sont corrélées avec l'âge. Les hautes valeurs en Vanadium (0,02 à 1,2 µg/g de tissus lyophilisés) mesurées chez les mammifères marins fréquentant les eaux de l'Alaska peuvent être liées à la contamination du milieu par des activités humaines ou à une unique source géochimique de Va.
Chez le narval (Monodon monoceros), le Cd et le Zn sont concentrés principalement dans les reins et le foie. Néanmoins, entre les individus on observe une grande variabilité des concentrations en Cd. Enfin, le Hg est accumulé dans les reins, les muscles et la graisse durant la croissance des animaux. Les valeurs de concentrations sont donc corrélées avec l'âge et la taille.

Références bibliographiques :

Becker P.R. et al., 1992. Rapport NTIS 4731, 139 pp.
Mackey E.A. et al., 1996. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 30(4) : 503-512.
Wagemann R. et al., 1983. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40(2) : 206-214.
Wagemann R. et al., 1995. Water Air Soil Pollut. 80(1-4) : 683-693.
Zeisler R. et al., 1993. Sci. Total. Environ. 139-140 : 365-386.

Mots clés: pollution - métaux lourds - PCB - organochlorés -Odontocètes - Siréniens

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés odontocètes : Physeter macrocephalus, Stenella coeruleoalba, Tursiops gephyreus, Pontoporia blainvillei, Kogia breviceps, Ziphius cavirostris/ Sirénien : Dugon dugon*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique : Japon, Australie; Océan Indien : Golfe du Bengale, Afrique du Sud

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination générale du milieu.	Mesure de la concentration en PCB, DDT, chlordane et composés organochlorés dans la graisse et le melon des Cétacés. Mesure de la concentration en métaux lourds (Cd, Cu, Hg, Zn).	PCB, DDT, organochlorés : chromatographie en phase gazeuse Métaux lourds : SAA flamme

Principaux résultats :

Les mesures de PCB, DDT réalisées chez les Delphinidés des côtes indiennes, ne montrent pas de hautes valeurs. Néanmoins, il faut signaler la présence de HCH à des doses faibles (<1 µg/g de tissu lyophilisé). Cette présence pourrait être due à l'augmentation de l'utilisation de ce composé par l'agriculture en Inde.
Les mesures de concentrations en métaux lourds, réalisées chez des odontocètes des côtes argentines (T. gephyreus, P. blainvillei, Kogia breviceps, Z. cavirostris), montrent que les eaux de l'Atlantique du sud-ouest sont touchées par des contaminations par les métaux lourds et que les mammifères marins peuvent servir d'espèces bioindicatrices dans la surveillance de ce problème.
La comparaison entre les mesures réalisées en mer tropicale et en mer tempérée ou froide montrent que les taux de PCB, chlordane et HCH sont plus élevés chez les espèces de ces dernières zones. En revanche, les plus hautes valeurs en DDT sont observées dans les mers chaudes. Ces différences s'expliquent par l'utilisation différentes, selon les régions, des composés organochlorés par les activités humaines.

Références bibliographiques :

Haebler R., 1989. Maritimes. 33(2) : 5-7.
Henry J. et Best P.B., 1983. Mar. Poll. Bull., 14 : 223-227.
Marcovecchio J.E. et al., 1994. Sci. Total. Environ. 154 (2-3) : 141-151.
Prudente M. et al., 1997. Mar. Environ. Res. 44(4) : 415-427.
Tanabe S. et al., 1993. Mar. Poll. Bull. 6 : 311-316.

Mots clés: pollution - métaux lourds - PCB - pesticides - Pinnipèdes

Groupe **Mammifères marins** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pinnipèdes : Arctocephalus australis, Enhydra lutris, Mirounga angustirostris, Otaria flavescens, Phocidés, Phoca hispida saimensis, Phoca vitulina, Pusa hispida.*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : France; Atlantique : France; Mer du Nord : GB; Arctique : Canada, Norvège

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination générale du milieu marin.	PCB, DDT, DDD, Pesticides, métaux lourds. (Cd, Cu, Hg, Zn) dans les poils, le lard, les reins et le foie.	Chromatographie en phase gazeuse métaux lourds : SAA flamme.

Principaux résultats :

Les études de la contamination des pinnipèdes par les micropolluants montrent que les teneurs en PCB sont plus faibles dans les régions arctiques du Canada et de la Norvège (Poids sec moyen: 2 mg/kg de lard) que dans les régions plus méridionales telles que la Baltique (24 mg/kg), le littoral britannique de la Mer du Nord (20 à 35 mg/kg) et la côte est du Canada (45 mg/kg). Les concentrations obtenues sur les côtes françaises montrent que les PCB sont particulièrement importantes dans le lard et les reins.
L'ensemble des résultats montrent l'importance de la chaîne alimentaire dans le degré de contamination des pinnipèdes. A l'instar des cétacés odontocètes ichtyophages, ces animaux sont particulièrement menacés par les composés organochlorés.

Références bibliographiques :

Alzieu C. et Dubuy R., 19. Oceanologica acta. 2(1) : 107-120.
Hyvarinen H. et al., 1998. Mar. Poll. Bull. 36(1) : 76-81.
Joris C.T. et al., 1990. European Research on Cetaceans 4 proceeding of the 4th
Kemper C. et al., 1994. Sci. Total. Environ. 154 (2-3) : 129-139.
Mackey E.A. et al., 1996. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 30(4) : 503-512.
Newman J.W. et al., 1994. Chemosphere. 28(10) : 1795-1805.
Risebourgh R.W., 1989. Rapport NTIS, 53 pp.
Shaughnessy P.D., 19. Antartic seals : Research Methods and Techniques. Law, R.M. eds New York, USA, Cambridge University Press : 194-198.
Skaare J.U. et al., 1994. Coppenhagen Denmark ices, 16pp.
Skaare J.U., 1994. Dev. Mar. Biol. 4 : 580 p.
Villa R.B. et al., 1993. Ann. Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. Mex. Zool. 64(1) : 61-72.
Zeisler R. et al., 1993. Sci. Total. Environ. 139-140 : 365-386.

Mots clés: pollution - métaux lourds - PCB - mortalité - maladie

Groupe **Mammifères marins** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pinnipèdes : Zalophus californianus, Phoca vitulina, Phoca hispida saimensis, Pusa hispida*
Cétacés Odontocètes : Delphinidés, Hyperoodontidés, Physeteridés. Cétacés Mysticètes

Localisation d'étude :

géographique Atlantique : Canada (Golfe du Saint Laurent); Golfe de Botnie (Suède); Mer de Wadden

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les composés organochlorés et les métaux lourds.	Taux de reproduction, mortalité et maladie. Concentration en micropolluants (métaux lourds et PCB) dans les viscères, la peau et les poils.	Autopsie à partir de cadavres d'animaux échoués ou prélèvement sur des animaux capturés.

Principaux résultats :

Les études menées chez les Pinnipèdes et chez le béluga (Delphinapterus leucas) n'ont pas démontré de corrélation entre la concentration de résidus de micropolluants dans les tissus de mammifères et des effets sur la reproduction, mais l'éventualité d'une telle relation existe et nécessite des études complémentaires.
La relation entre les mortalités massives de Cétacés et la contamination du milieu par des xénobiotiques liposolubles n'a pas été établie. Néanmoins, une contamination importante des individus via la nourriture (poissons) pourrait entraîner une diminution de la résistance immunologique face aux virus et bactéries et faciliter ainsi le développement d'épidémies responsables de certains échouages massifs.
Bien que là non plus, aucune relation de cause à effet n'ait put être établie, il semble que la pollution du milieu marin par certains métaux lourds, tel que le mercure, soit à l'origine du déclin de plusieurs populations de Cétacés et Pinnipèdes.

Références bibliographiques :

Addison R.F., 1989. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46 : 360-367.
Aguilar A. et Borrel A., 1994. Mar. Environ. Res. 31 : 275-286.
Alzieu C. et Duguy R., 1979. Oceanologica acta. 2(1) : 107-120.
Brouwer A. et al., 1989. Aquatic Toxicology, 15 : 99-106.
Freeman H.C. et al., 1984. Adv. Environ. Sci. Technol., 16 : 197-212.
Haebler R., 1989. Maritimes. 33(2) : 5-7.
Hyvarinen H. et al., 1998. Mar. Poll. Bull. 36(1) : 76-81.
Marsili L. et al., 1997. M.E.P.S. 151 : 273-282.
Reijnders P.J.H., 1986. Mar. Poll. Bull. 17(2) : 58-59.

Mots clés: pollution - organochlorés - PCB - CYP450 - Odontocètes - Mysticètes

Groupe **Mammifères marins** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés Odontocètes : Delphinapterus leucas, Orcinus orca, Stenella coeruleoalba*
Cétacés Mysticètes : Balaenoptera physalus, B. acutorostrata/Pinnipèdes : Otaria flavescens

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Italie (mer Thyrrénienne); Atlantique : Argentine/Pacifique : Japon

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les composés organochlorés (dont les PCB et DDT), les HAP, et le Hg.	Induction du cytochrome P4501A1 Mesure de la concentration dans le compartiment plasmatique : CYP1A et porphyrine Mesure de la concentration dans les viscères et la peau : PCB, Organochlorés, DDT, HAP, Hg.	Concentration en composés organochlorés et HAP : chromatographie en phase gazeuse. Concentration en Hg : vapeur froide Mesure de l'activité EROD.

Principaux résultats :

L'activité EROD dans la peau de mammifères marins exposés à une pollution par les PCB diffère selon le régime alimentaire. Elle est plus importante chez les ichtyophages (dauphin) que chez les planctonophages (baleine). Cette méthode permet donc de suivre la contamination par des xénobiotiques lipophiles à partir de prélèvements obtenus à partir de moyens non destructifs (biopsies). L'approche par des biomarqueurs basés sur les réponses métaboliques (porphyrine) paraît être un outil intéressant pour le suivi des populations menacées par les micropolluants (DDT, PCB, HAP et Hg). Enfin, le cytochrome P450 joue un rôle important dans certaines réaction d'oxydation de certains polluants.

Références bibliographiques :

Addison R.F. et al., 1998. Mar. Environ. Res., 46 (1-5) : 121p.
De Matteis F. et Lim C.K., 1994. In: Non destructive Biomarkers in Vertebrates.
Fossi M.C. et al., 1992. Mar. Poll. Bull. 24(9) : 459-461.
Fossi M.C. et al., 1997. Mar. Poll. Bull. 34(3) : 157-162.
Fossi M.C. et al., 1998. Mar. Environ. Res.
Goksoyr A. et al., 1985. Mar. Environ. Res. 17 : 113-116.
Stegeman J.J. et al., 1998. Mar. Environ. Res.
Wagemann R. et al., 1994. Int. J. Environ. Anal. Chem. 54(2) : 147-160.
Watanabe S. et al., 1989. Mar. Environ. Res. 27 : 51-65.

Mots clés: pollution - hormone thyroidienne - vitamine A - hormones stéroides

Groupe **Mammifères marins** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Cétacés Odontocètes : Delphinapterus leucas, Monodon monoceros*
Pinnipèdes : Phoca vitulina, Phoca groenlandica

Localisation d'étude :

géographique Arctique : Canada; mer de Wadden et mer du Nord.

bathymétrique Domaine pélagique

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les HAP, les PCB et le Hg.	Dans le plasma : Dosage d'hormone thyroidiennes et de vitamine A Dosage d'hormones stéroïdes	Dosage hormonal : analyse radioimmunologique.

Principaux résultats :

Les phoques communs (Phoca vitulina) se nourrissant de poissons provenant de la mer de Wadden (zone fortement contaminée par les PCB) présente un taux plasmatique bas de vitamine A et d'hormones thyroïdiennes (tyroxine libre et triiodothyronine). Cette baisse d'hormones et de vitamine A peut entraîner une plus grande susceptibilité aux affections virales et bactériennes.
Chez Phoca groenlandica, la contamination par les micropolluants (métaux lourds, PCB) entraîne des désordres au niveau du métabolisme hormonal stéroidien.

Références bibliographiques :

Boun J. et al., 1998. Mar. Environ. Res. 46(1-5) :
Varanasi V. et al., 1993. Rapport NTIS, 122pp.
Reijnders P.J.H., 1994. Sci. Total Environ. 154(2-3) : 229-236.
Reijnders P.J.H. et De Ruiter Dijkman E.M., 1994. Dev. Mar. Biol. 4 : 5-75pp.

Caractère opérationnel du groupe: MAMMIFERES MARINS

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	6	abondance ☐ richesse spécifique ☐	
	d'un ou plusieurs taxons :	6		
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	1	PCB, HAP, DDT, DDE, DDD	
	inorganiques:	1	Cd, Cu, Cr, Fe, Hg	
	organométalliques:	5		
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	4	Activité EROD, Métallothionéines	
	physiologiques:	4		
	morphologiques:	4		
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		5		

Synthèse critique du groupe : MAMMIFERES MARINS

Points forts :

La large distribution des mammifères marins (des mers arctiques aux zones tropicales) et leur régime alimentaire (ichtyofaune pour la plupart des Cétacés et Pinnipèdes) permettent de suivre le taux de contamination générale du milieu marin par les micropolluants (PCB, métaux lourds, etc). Deux approches complémentaires sont actuellement utilisées dans les réseaux de surveillance (Canada et USA) : (i) le dosage des micropolluants sur les viscères prélevés après autopsie sur les cétacés échoués. (ii) l'analyse sur des biopsies de peau et de graisse réalisées sur des populations sauvages identifiées. L'utilisation de ces biopsies constituent une méthode de suivi non destructive pour le suivi des xénobiotiques lipophiles et de certains métaux tel que le Hg. L'utilisation de biomarqueurs (activité EROD) chez les mammifères marins est prometteur chez les espèces ichtyophages.

Limites:

L'intérêt des mammifères marins comme organismes sentinelles se limitent aux espèces strictement ichtyophages (Odontocètes et Pinnipèdes) se trouvant en fin de chaine alimentaire. L'utilisation des maladies et des épisodes de mortalités importantes comme indicateur de la qualité du milieu marin doit être envisagé avec beaucoup de précaution, aucune relation n'ayant été clairement mise en évidence entre la présence de micropolluants et le développement de pathologies.
Enfin, l'intérêt des mammifères marins dans le cadre d'un réseau de surveillance littoral (ex :SEQ) est limité en raison de la fréquence d'observation des espèces le long des côtes européennes. De plus, un personnel très qualifié, formé aux techniques de biopsies et à la taxonomie des Cétacés est indispensable.

Commentaires:

En France et en Europe, l'intérêt des mammifères marins concerne essentiellement le suivi du champ lointain. Cependant, leur utilisation ne donne que des indications de pollution générale du milieu marin et ne permet pas d'identifier les points de rejets, ni les pollutions ponctuelles accidentelles, excepté dans des milieux semi-fermés (baie, golfe). Dans ce cas, le suivi nécessite d'avoir une population sédentaire de mammifères marins, ce qui est relativement rare sur les côtes françaises et européennes.

Cahier N° : 18

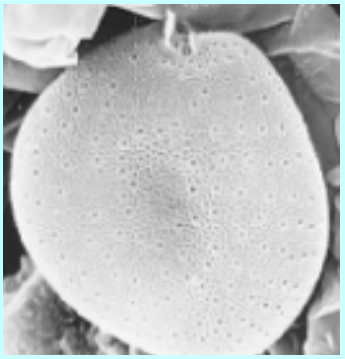
PHYTOPLANCTON

Description :

Végétaux - Planctoniques

Photo ci-contre :

Prorocentrum scutellum appartient à la classe des Dinoflagéllés. C'est une espèce dominante dans les lagunes de Méditerranée(Ph. B. Berland).



Distribution

géographique	Mondiale
bathymétrique	Zone euphotique. Certaines espèces peuvent résister à un séjour prolongé à l'obscurité
milieu(x) occupé(s)	Colonne d'eau

Biologie

nutrition	Photoautotrophe. Certaines espèces sont mixotrophes
reproduction	Le plus souvent asexuée
durée de vie	De quelques heures à plusieurs jours (voire semaines)

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☑

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☑
- **physiologiques** ☑
- **morphologiques / comportementaux** ☐

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑ REPHY (France), RESE (Canada)

Mots clés: communautés - eutrophisation - espèces indicatrices - Japon

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Japon)

bathymétrique

milieu Baies

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation par rejets domestiques et industriels	Composition spécifique, nombre total d'espèces. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	Détermination du niveau d'eutrophisation du milieu marin à partir de l'analyse des espèces dominantes du phytoplancton

Principaux résultats :

Les auteurs ont défini 4 niveaux d'eutrophisation (oligotrophe, eutrophe, très eutrophe, saprobie) corrélés aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau et des fonds en période estivale de stratification :
- le groupe oligotrophe comprend 36 espèces du plancton "océanique" telles que Trichodesmium erythraeum, T. thiebautii, Ceratocorys horrida, Hemiaulus hauckii
- le groupe eutrophe compte 52 espèces du plancton néritique dont Ceratium furca, Gymnodinium nelsonii, Chaetoceros curvisetus
- le groupe très eutrophe comprend le flagèllé Olisthodiscus sp. et la diatomée Skeletonema costatum
- aucune espèce saprobie n'a pu être sélectionnée.

L'application de cette méthode permet par le simple examen des espéces dominantes de caractériser la qualité du milieu étudié. Les résultats obtenus par les auteurs montrent que la classification obtenue pour divers sites étudiés est en accord avec les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Références bibliographiques :

Yamada M. et al., 1980. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(12): 1435-1438
Yamada M. et al., 1980. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(12): 1439-1444

Mots clés: communautés - eutrophisation - lagune

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Côte d'Ivoire)

bathymétrique 0,5 mètres

milieu Lagune, baie

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains et industriels	Composition spécifique Abondance Caractéristiques physico-chimiques de l'eau (transparence, salinité, concentration de phosphates et de chlorophylle a)	Suivi de plusieurs stations diversement polluées

Principaux résultats :

L'importante eutrophisation du milieu se traduit par des développements phytoplanctoniques exubérants qui suivent un gradient de l'intérieur vers l'extérieur de la baie.
Les effluents peu ou pas dilués semblent avoir un effet toxique sur les populations phytoplanctoniques. Après dilution et/ou transformation, ils sont à l'origine de développements intenses qui peuvent être préoccupants.
Certaines espèces se révèlent caractéristiques de l'importante pollution observée:
- les dinoflagellés Peridinium trichoideum, Prorocentrum micans
- l'Euglenophycée Eutreptiella braarudi
- les Cryptophycées Cryptomonas sp., Hemiselmis sp.
- les Chlorophycées Chlamydomonas sp., Tetraselmis sp.

Une zonation du site étudié a été établie à partir des communautés spécifiques, en fonction des charges nutritives et polluantes et des conditions hydrologiques du milieu.

Références bibliographiques :

Arfi R. et al., 1981. Oceanologica Acta, 4(3): 319-329
Maurer D., 1978. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, 1-112.

Mots clés: communautés - pollution urbaine - Hong-Kong

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Hong-Kong)

bathymétrique 3 à 30 métres

milieu Baies, ports

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains	Composition spécifique Diversité spécifique Biomasse totale	Suivi de plusieurs stations diversement polluées

Principaux résultats :

Les résultats montrent qu'une augmentation significative de la biomasse phytoplanctonique est associée à la présence d'effluents dans les zones les plus polluées. Les quantités de chlorophylle a des zones polluées sont jusqu'à 10 fois supérieures à celles des zones non polluées.
On ne note pas de changement significatif de la composition spécifique ni de la diversité dans les sites pollués sauf en été quand Chaetoceros spp. domine. L'espèce Skeletonema costatum semble bien se développer dans les milieux pollués où elle est abondante en automne et début de l'hiver.

Références bibliographiques :

Thompson G.B., Ho J., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(5): 168-173

Mots clés: communautés - ports - Inde

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Océan indien (Inde)

bathymétrique De la surface à 6 mètres

milieu Ports

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Activités portuaires, activités industrielles, effluents urbains	Composition spécifique et diversité Abondance Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	Suivi de plusieurs stations diversement polluées

Principaux résultats :

Les résultats montrent que (i) les abondances du nanoplancton, des Cyanophyceae, d'Ankistrodesmus falcatus, de Nitzschia longissima et Thalassiosira decipiens sont maximales dans la station la plus polluée; (ii)les dinoflagèllés, Skeletonema costatum et Cyclotella menegheniana sont les plus abondantes dans la station moyennement polluée; (iii)de nombreuses diatomées dominent dans les stations les moins polluées. On observe une modification de la composition spécifique, une baisse de la diversité et de l'abondance de l'intérieur vers l'extérieur du port. Skeletonema costatum est l'espèce dominante du microplancton portuaire. La circulation des eaux réduite, l'accumulation et l'utilisation des nutriments semblent reponsables de la croissance importante des producteurs primaires et de la sursaturation en oxygène observées dans les eaux des ports.

Références bibliographiques :

Umamaheswara Rao M., Mohanchand V., 1988. Mar. Environ. Res., 25: 23-43

Mots clés: communautés - eutrophisation - expérience in vitro

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Canada)

bathymétrique De la surface à 60 mètres

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluent domestique (eutrophisation)	Composition spécifique Densité cellulaire	Incubations de populations naturelles - à différentes concentrations de l'effluent - à l'effluent traité au charbon actif et aux rayons UV

Principaux résultats :

La composition spécifique varie en fonction de la concentration en effluent du milieu. Les espèces potentiellement dangeureuses telles que Pseudonitzschia spp., Fragilaria spp et Euglena spp deviennent dominantes quand les concentrations de l'effluent augmentent.
Le traitement de l'effluent aux rayons UV ou au charbon actif semble favoriser la croissance d'espèces telles que Chaetoceros socialis, Skeletonema costatum, Thalassiosira spp., non dangeureuses voire bénéfiques pour la mariculture.

Références bibliographiques :

Pan Y., Subba Rao D.V., 1997. Mar. Pollut. Bull., 34(12): 1001-1005

Mots clés: communautés - pollution urbaine - méditerranée

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France, Liban)

bathymétrique Eaux de surface

milieu Côtier

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets urbains et industriels	Composition spécifique Abondance	Suivi de stations diversement polluées selon la distance aux rejets

Principaux résultats :

On observe une dégradation et un déséquilibre des populations phytoplanctoniques qui se traduit par une baisse de la diversité spécifique. Des espèces caractéristiques de la pollution ont été mises en évidence dans les deux études appartenant principalement à la classe des Dinoflagellés, mais aussi des Euglénophycées, Cryptophycées (France) et Cyanophycées (Liban).
L'étude libanaise signale un accroissement de l'abondance phytoplanctonique due aux rejets par enrichissement du milieu en nutriments. Cette répercussion de l'eutrophisation n'est pas observée dans l'étude marseillaise.

Références bibliographiques :

Maurer D., 1978. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, 1-122
Talaskian M.J., Hardy J.T., 1976. Mar. Biol., 38: 315-325

Mots clés: communautés - ports - méditerranée

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France)

bathymétrique eaux de surface

milieu port

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Activités portuaires	Composition spécifique Densité	Suivi de plusieurs stations diversement polluées

Principaux résultats : Les densités moyennes et maximales du phytoplancton sont beaucoup plus importantes dans les eaux portuaires. Cette poussée est due à l'espèce Skeletonema costatum qui est beaucoup plus abondante dans les stations portuaires. Le développement de cette espèce semble accentué dans les stations les plus polluées où on observe une diminution du rapport Chaetoceros/Skeletonema.

Références bibliographiques :

Patriti G., 1972. Mar. Biol., 12: 300-308

Mots clés: Dinoflagéllés - kystes - sédiments

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Dinoflagellés*

Localisation d'étude :

géographique Mer du nord (Norvège)

bathymétrique 50 à 65 mètres (sédiments)

milieu Fjords

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains et industriels	Composition spécifique Effectif Analyses géochimiques des sédiments	Etude des kystes de Dinoflagellés présents dans les sédiments Suivi dans le temps (datation au Pb 210) et dans l'espace (stations diversement polluées)

Principaux résultats :

Les résultats obtenus montrent de nets changements de la composition en kystes des sédiments en fonction de l'évolution de la pollution des sites étudiés.
L'augmentation de la pollution dans le site le plus industrialisé et urbanisé, s'est accompagnée d'une diminution de la concentration en kystes dans les sédiments. Cette tendance semble s'inverser avec la réduction des rejets dans le milieu après les années 1975. Dans le site de référence, on note peu de variations de la composition en kystes des sédiments.

Cette étude constitue la première approche utilisant le stade enkysté benthique d'organismes phytoplanctoniques comme indicateurs de la qualité des eaux environnantes. En dépit de résultats prometteurs, l'application de cette méthode ne peut s'envisager que dans le cas de bassins à circulation réduite si l'on veut que les kystes présents dans les sédiments soient représentatifs des populations planctoniques locales.

Références bibliographiques :

Saetre M.M.L. et al., 1997. Mar. Environ. Res., 44(2): 167-189

Mots clés: prolifération - eutrophisation

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Espèces à proliférations dangeureuses*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique, Mer du nord, Pacifique, Océan indien, Mer noire

bathymétrique Zone euphotique

milieu Côtier : baies, estuaires, ports

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation du milieu marin par diverses activités humaines: effluents urbains et industriels, activités aquacoles et agricoles, déforestation, pluies acides	Abondance Composition spécifique	Suivi de populations prélevées in situ Cultures continues à différentes concentrations de nutriments

Principaux résultats :

Certains blooms phytoplanctoniques sont directement liés à l'enrichissement, par les activités humaines, du milieu marin en nutriments. L'évolution du nombre des marées rouges (dues essentiellement à Gymnodinium nagasakiense, Gonyaulax polygramma, Noctiluca scintillans, Prorocentrum minimum, Chattonella antiqua) a pu être corrélée à l'augmentation de l'urbanisation et de l'industrialisation des côtes. Le traitement des rejets (diminution de la DCO, suppression des phosphates et des détergents) dans le milieu marin, diminue de la fréquence de ces marées rouges environ de moitié.
Les apports en azote et phosphore par les effluents modifient la composition chimique du milieu et altèrent les rapports entre nutriments (diminution du rapport Si/P par exemple). Ces altérations peuvent alors favoriser la prolifération de dinoflagellés nuisibles au détriment des croissances printanières et automnales naturelles de diatomés. Par ailleurs, certaines espèces normalement non toxiques (Chrysochromulina polylepis, C. leadbeateri, Prymnesium parvum, Nitzschia pugens) peuvent le devenir dans un milieu où les quantités en nutriments sont inhabituels (déficience en phosphate par exemple).
Enfin, l'eutrophisation du milieu marin favorise le développement d'espèces qui peuvent déjà croitre en milieu oligotrophe.

Références bibliographiques :

Bodeanu N., 1993. In: Toxic Phytoplancton Blooms in the sea. Smayda T.J. & Shimizu Y. eds, 203-209
Chen Y.Q., Gu X.G., 1993. In: Toxic Phytoplancton Blooms in the sea. Smayda T.J. & Shimizu Y. eds, 217-221
Hallegraeff G.M., 1993. Phycologia, 32(2): 79-99
Lam C.W.Y., Ho K.C., 1989. In: Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology. Okaichi T., Anderson D.M., Nemoto T. Eds, 49-52
Okaichi T., 1989. In: Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology. Okaichi T., Anderson D.M., Nemoto T. eds, 137-142
Riegman R. et al., 1993. In: Toxic Phytoplancton Blooms in the sea. Smayda T.J. & Shimizu Y. eds, 799-805

Mots clés: communautés - métaux - atlantique

Groupe **Phytoplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Canada, Etats-Unis)

bathymétrique zone euphotique

milieu naturel et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds (Cu, Hg, Pb, Zn, Ni, Cr, Se, Sb, As)	Composition spécifique et diversité Biomasse	Suivis de populations naturelles en laboratoire ou dans des enclos in situ à différentes concentrations en contaminants

Principaux résultats :

On observe une altération de la composition spécifique dans les milieux contaminés. Les métaux les plus toxiques (Hg, Cu, Pb) diminuent la diversité spécifique des communautés.
La résistance aux métaux varie selon les espèces. Certaines diatomés telles que Chaetoceros sp., Rhizosolenia sp. ou Nitzschia delicatissima disparaissent pour de fortes concentrations en métaux. D'autres espèces comme Skeletonema costatum, Distephanus speculum et Thassiosira spp. semblent résistantes à tous les métaux.
Les études sur le Cu montrent la disparition des diatomés centriques en faveur des microflagellés et des diatomés pennées dans les milieux contaminés par ce métal.

Références bibliographiques :

Hollibaugh J.T. et al., 1980. Estuar. Coast. Mar. Sci., 10: 93-105
Sanders J.G. et al., 1981. J. exp. mar. Biol. Ecol., 49: 81-102
Thomas W.H. et al., 1980. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2: 213-220
Thomas W.H., Seibert D.L.R., 1977. Bull. Mar. Sci., 27(1): 23-33

Mots clés: Dunaliella - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Dunaliella tertiolecta, Dunaliella primolecta*

Localisation d'étude :

géographique Monaco, Norvège, Angleterre

bathymétrique

milieu Expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds	Concentrations en métaux	SAA Différentes concentrations de contaminants sont testées

Principaux résultats :

L'accumulation des métaux s'effectue rapidement après exposition des algues aux contaminants avec une phase initiale d'adsorption à la surface des cellules.
Les concentrations mesurées dans les cellules augmentent quand les quantités de métaux dans le milieu sont plus élevées (surtout pour D. primolecta).
Ces espèces présentent un fort pouvoir de concentration des contaminants, il a été ainsi mesuré chez D. tertiolecta une accumulation de Cd dans les cellules 1350 fois supérieure à la concentration initiale du contaminant dans le milieu.

Références bibliographiques :

Bonin D.J. et al., 1986. Crypt. Alg., 7(1): 23-83
Fisher N.S. et al., 1984. Mar. Ecol. Prog. Ser., 18: 201-213
Jennings J.R., Rainbow P.S., 1979. J. Plankton Res., 1(1): 67-74
Riley J.P., Roth U., 1971. J. mar. Biol. Ass. U.K., 51: 63-72

Mots clés: Phaeodactylum tricornutum - TBT

Groupe **Phytoplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Phaeodactylum tricornutum*

Localisation d'étude :

géographique Canada

bathymétrique

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT	Concentration en TBT et produits de dégradation (DBT, MBT)	Chromatographie en phase gazeuse Différentes concentrations de contaminant sont testées en culture continue et en culture confinée

Principaux résultats :

L'accumulation de TBT par l'algue se fait dès les premières 24 heures d'exposition au contaminant et augmente avec le degré de contamination. Cette accumulation est accompagnée d'un processus de biodégradation dont l'efficacité, par contre, augmente quand le niveau de pollution baisse.
Les cellules restent encore chargées de polluant après plusieurs jours de décontamination. Ces résultats peuvent impliquer, dans le milieu naturel pollué par le TBT, un biotransfert du contaminant dans la chaine alimentaire.

Références bibliographiques :

Mouhri et al., 1998. J. Rech. Océanogr., 23(4): 117-124
Mouhri et al., 1995. Oceanol. Acta, 18(3): 363: 370

Mots clés: Pavlova lutheri - TBT

Groupe **Phytoplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pavlova lutheri*

Localisation d'étude :

géographique Canada

bathymétrique

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT	Concentration en TBT	Chromatographie en phase gazeuse Suivi des concentrations de contaminant en culture continue et en culture confinée

Principaux résultats :

On observe la présence de TBT intracellulaire dès les premières 24 heures de contamination. Les concentrations d'organoétains sur les parois cellulaires varient directement avec les teneurs en contaminant dans le milieu. A l'inverse le contenu intracellulaire diminue quand le niveau de contamination augmente. Il existe en effet une alternance des activités d'absorption et d'adsorption selon les concentrations de polluant dans le milieu.
Les résultats montrent que P. lutheri peut s'adapter à une contamination relativement élevée de son milieu de culture grâce à sa capacité de transformation du TBT en produits moins toxiques (DBT, MBT). Cette capacité de dégradation est favorisée par un milieu de culture continue par comparaison à un milieu de culture confinée.

Références bibliographiques :

Saint Louis et al., 1994. Wat. Res., 28(12): 2533-2544

Mots clés: Skeletonema costatum - croissance - photosynthèse - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Skeletonema costatum*

Localisation d'étude :

géographique France, Norvège, Etats-Unis, Canada, Monaco, Australie

bathymétrique eaux de surface

milieu expérimental in situ ou in vitro

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Co, Mo, Fe)	Croissance Activité photosynthétique	Contamination à différentes concentrations de métaux ou d'effluents industriels in vitro Exposition des cultures à différentes stations diversement polluées in situ

Principaux résultats :

Cette espèce se montre sensible à la contamination par les métaux lourds. Sa croissance est inhibée pour de fortes concentrations d'effluents industriels. Elle disparait dans les zones polluées par des rejets à fortes charges métalliques.
Les tests en laboratoire montrent une tolérance pour les faibles concentrations en métaux auxquelles la croissance est maintenue. Ce paramètre parait le plus sensible pour mesurer la toxicité des métaux mais les réponses de l'algue au contaminant sont très variables selon l'origine de la souche, la nature du métal, sa concentration, la quantité de nutriments dans le milieu, la présence ou non de matière organique et donc de chelation. De plus, cette espèce présente des variations intraspécifiques des réponses selon le clone utilisé pour les tests.

Références bibliographiques :

Berland B.R. et al., 1977. Mar. Biol., 42:17-30
Bonin D.J. et al., 1986. Crypt. Alg., 7(1): 23-83
Braek G.S. et al., 1980. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 42:39-54
Eide I. et al., 1979. J. exp. mar. Biol. Ecol., 37: 271-286
Fisher N.S., 1981. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 32: 555-561
Fisher N.S., Frood D., 1980. Mar. Biol., 59: 85-93
Morel N.M.L. et al., 1978. J. Phycol., 14:43-48
Overnell J., 1976. Mar. Biol., 38: 335-342
Subba Rao D.V., 1981. Bot. Mar., 24: 369-379
Walsh G.E. et al., 1982. Water Res., 16: 879-883

Mots clés: Thalassiosira - croissance - photosynthèse - activité enzymatique - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Thalassiosira pseudonana, T. aestevalis, T. sp.*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France), Atlantique (Canada, Etats-Unis, Norvège), Pacifique (Hong Kong)

bathymétrique Zone euphotique

milieu naturel (estuaires, fjords) et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : - expérimentale - rejets industriels - boues de traitement d'eaux usées	Croissance Activité photosynthétique Activité enzymatique (alkaline phosphatase)	Cultures à différentes concentrations de contaminant in vitro ou in situ dans plusieurs stations diversement polluées

Principaux résultats :

Le genre Thalassiosira semble très sensible aux métaux lourds et permet de suivre la contamination du milieu marin dans les études in situ. On observe en culture une inhibition de la croissance pour de faibles concentrations de contaminant. Il a été également montré une inhibition de la photosynthèse et de l'activité phosphatase alkaline et des altérations morphologiques.
La toxicité des métaux est cependant très variable selon les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. La présence de matière organique et donc la formation de chelateurs dans le milieu diminue la toxicité des métaux même à des concentrations élevées. Le Cu est également moins toxique pour des concentrations croissantes d'acide silicique.
On observe par ailleurs que la présence conjointe de plusieurs métaux dans le milieu (cas des conditions naturelles) donne lieu à des relations antagonistes qui réduisent leur toxicité.

Références bibliographiques :

Berland B.R. et al., 1976. C. R. Acad. Sc. (Série D), 282: 633-636
Bonin D.J. et al., 1986. Crypt. Alg., 7(1): 23-83
Eide I. et al., 1979. J. exp. mar. Biol. Ecol., 37: 271-286
Erickson S.J., 1972. J. Phycol., 8: 318-323
Hollibaugh J.T. et al., 1980. Estuar. Coast. Mar. Sci., 10: 93-105
Pun K. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull., 31: 4-12
Rueter J.G., 1983. J. Phycol., 28(4): 743-748
Rueter J.G. et al., 1981. J. Phycol., 17: 270-278
Thomas W.H. et al., 1980. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2: 213-220

Mots clés: Dunaliella - croissance - photosynthèse - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Dunaliella tertiolecta, D. bioculata*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Canada), Pacifique (Hong Kong)

bathymétrique eaux de surface

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : - expérimentale - boues de traitement d'eaux usées	Croissance Photosynthèse et respiration	Suivi des cultures à différentes concentrations de contaminants

Principaux résultats :

Ces espèces du genre Dunaliella sont particulièrement tolérantes aux contaminations par les métaux lourds et les concentrations toxiques sont en générales élevées.
D. tertiolecta est capable de croître dans les milieux pollués mais les études in situ montrent qu'elle est éliminée dans les stations les plus contaminées.
D. bioculata soumise à différentes concentrations de Cr et Cd montre une inhibition de la croissance et de l'activité photosynthétique pour les concentrations testées les plus élevées.

Références bibliographiques :

Bonin D.J. et al., 1986. Crypt. Alg., 7(1): 23-83
Fisher N.S. et al., 1984. Mar. Ecol. Prog. Ser., 18:201-213
Overnell J., 1976. Mar. Biol., 38: 335-342
Peneda-Saraiva M.C., 1976. Rev. Intern. Oceanogr. Med., 43: ì 111-115
Pun K.C. et al., 1995. Mar. Pollut. Bull., 31: 4-12
Subba Rao D.V., 1981. Bot. Mar., 24: 369-379

Mots clés: Phaeodactylum tricornutum - croissance - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Phaeodactylum tricornutum*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (France), Atlantique (Norvège, Canada)

bathymétrique Eaux de surface

milieu naturel et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds : - expérimentale - rejets industriels	Croissance	Suivis de cultures contaminées à différentes concentrations de métaux ou dans plusieurs stations diversement polluées.

Principaux résultats :

P. tricornutum est l'une des espèces les moins sensibles à la contamination par les métaux lourds. Les études in situ montrent qu'elle continue à croître dans les stations les plus polluées, mais avec un taux de croissance qui diminue quand la pollution augmente.
En culture in vitro, elle ne semble affectée que par de fortes concentrations de contaminant durant de longues périodes d'exposition. On observe également une récupération de la croissance après une phase stationnaire de quelques jours.

Références bibliographiques :

Berland B.R. et al., 1976. C.R.Acad.Sc., Paris, (Série D), 282: 633-636
Bonin D.J. et al., 1986. Crypt. Alg., 7(1): 23-83
Braek G.S., 1976. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 25: 37-50
Eide I. et al., J. exp. mar. Biol. Ecol., 37: 271-286
Subba Rao D.V., 1981. Bot. Mar., 24: 369-379

Mots clés: communautés - croissance - activité photosynthétique - métaux

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Canada)

bathymétrique De la surface à 16 métres de profondeur

milieu naturel et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les métaux lourds	Croissance Activité photosynthétique	Suivi de populations naturelles contaminées in vitro ou dans des enclos in situ

Principaux résultats :

La croissance du phytoplancton ne semble pas affectée par des concentrations existant dans des milieux moyennement pollués. Des concentrations 5 à 10 fois supérieures inhibent la croissance phytoplanctonique. Cette inhibition peut être attribuée au Cu et au Pb dont la suppression provoque une croissance similaire à celle du milieu de référence non contaminé.
Des études sur le Cu montrent l'effet inhibiteur de ce métal sur la croissance et l'activité photosynthétique des populations phytoplantoniques mais ne semble pas affecté le rapport C/N.

Références bibliographiques :

Hollibaugh J.T. et al., 1980. Estuar. Coast. Mar. Sci., 10: ì 93-105
Thomas W.H. et al., 1980. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2: 213-220
Thomas W.H. et al., 1977. Bull. Mar. Sci., 27(1): 34-43

Mots clés: Phaeodactylum tricornutum - croissance - absorption des nutriments - TBT

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Phaeodactylum tricornutum*

Localisation d'étude :

géographique Canada, Royaume-Uni

bathymétrique

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT	Croissance Absorption des nutriments	Cultures continues et cultures confinées à différentes concentrations de contaminant

Principaux résultats :

La croissance est affectée à des concentrations de contaminant variables selon le milieu de culture.
Ce sont en général les plus fortes concentrations testées qui diminuent de façon irréversible la croissance jusqu'au déséquilibre de la population. On observe alors en culture confinée la formation d'agrégats mucilagineux qui favorisent la sédimentation des cellules.
Le polluant agit sur l'absorption des nutriments (N et P) en l'augmentant fortement. Cette activité peut être inhibée à des concentrations élevées de contaminant. Par ailleurs, le TBT entraine une importante accumulation intracellulaire de nutriments, suggérant une inhibition des processus d'assimilation et d'incoporation de l'azote et du phosphore.

Références bibliographiques :

Mouhri K. et al., 1998. J. Rech. Océanogr., 23(4): 117-124
Mouhri K. et al., 1995. Oceanol. Acta, 18(3): 363-370

Mots clés: Pavlova lutheri - croissance - TBT

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Pavlova lutheri*

Localisation d'étude :

géographique Canada, Royaume-Uni

bathymétrique

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le TBT	Croissance	Suivi de cultures à différentes concentrations de contaminant

Principaux résultats :

La croissance de P. lutheri n'est affectée de façon irréversible que pour les concentrations les plus élevées. On observe alors un déséquilibre majeur de la population et la mort des cellules. Cependant la réduction de la croissance induite par des concentrations plus faibles peut être importante avant le rétablissement du taux de croissance.
L'adaptation physiologique des algues phytoplanctoniques à un environnement pollué se traduit par un déplacement de l'équilibre de la culture vers un niveau de densité cellulaire inférieur. Ceci indique une perte d'efficacité du processus de conversion des nutriments en biomasse algale. Ces observations présagent l'impact d'un milieu pollué par les TBT sur la production primaire et par conséquent sur la chaine alimentaire.

Références bibliographiques :

Beaumont A.R., Newman P.B., 1986. Mar. Pollut. Bull., 17(10): 457-461
Saint Louis R. et al., 1994. Wat. Res., 28(12): 2533-2544

Mots clés: communautés - croissance - eutrophisation

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Canada, Côte d'Ivoire), Méditerranée (Turquie), Pacifique (Hong Kong)

bathymétrique Zone euphotique

milieu naturel et expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation : effluents urbains et effluents industriels	Croissance Concentration en chlorophylle a	Suivi de communautés in situ à différentes stations diversement polluées ou de cultures in vitro à différentes concentrations d'effluents

Principaux résultats :

On observe dans les différentes études d'importantes augmentations de la chlorophylle a et de la croissance dans les milieux soumis à des effluents urbains et industriels. Les expériences montrent que cette stimulation est principalement due aux fortes teneurs en nutriments des effluents.
La réduction voire l'élimination de l'azote et du phosphore (limitants pour la croissance) dans les rejets en mer apparait pour certains auteurs comme la seule solution à de telles proliférations.

Références bibliographiques :

Arfi R. et al., 1981. Oceanologica Acta, 4(3): 319-329
Okay O.S. et al., 1998. Mar. Environ. Res., 46(1-5): 283-288
Pan Y., Subba Rao D.V., 1997. Mar. Pollut. Bull., 34(12): 1001-1005
Thompson G.B., Ho J., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(5): 168-173

Mots clés: communautés - P. tricornutum - croissance - détergents

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Communautés et Phaeodactylum tricornutum cultivée en laboratoire*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Brésil)

bathymétrique Eaux de surface

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les détergents : - effluents urbains et apports des terres agricoles - contamination artificielle	Croissance (LC50)	Suivi des communautés naturelles et culture de P. tricornutum à différentes concentrations de contaminants

Principaux résultats :

A des concentrations en détergents équivalentes à celles mesurées dans le milieu naturel près d'un rejet, on observe un changement significatif de la concentration en chlorophylle a et de la production primaire des communautés phytoplanctoniques. Une espèce apparaît particulièrement sensible: P. tricornutum dont la densité cellulaire se réduit considérablement.
Des expériences sur des cultures de P. tricornutum montrent une inhibition de la croissance (LC50) à des concentrations toujours inférieures à celles mesurées dans les eaux de surfaces du milieu naturel.

Références bibliographiques :

Aidar E. et al., 1997. Mar. Environ. Res., 43(1/2): 55-6

Mots clés: croissance - pesticides

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Phaeodactylum triconutum, Cyclotella cryptica*
Skeletonema costatum, Thalassiosira pseudonana, Dunaliella tertiolecta

Localisation d'étude :

géographique Etats-Unis

bathymétrique

milieu Expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les pesticides - DDT, PCB, dieldrine - 6 composés différents	Croissance	Suivi des cultures à différentes concentrations de contaminant

Principaux résultats :

La contamination par 6 pesticides différents provoque presque toujours la mort des espèces étudiées. Quand il n'y a pas de mortalité (cas de l'amidinohydrazone) , on observe une importante inhibition de la croissance à de faibles concentrations.
L'étude portant sur le DDT et le PCB montre que la toxicité du contaminant varie selon la nature de celui-ci et l'espèce. Ainsi, le PCB dans le milieu de culture altère le rapport P. tricornutum/C. crytica, en faveur de P. tricornutum, de façon inverse au DDT et à la dieldrine.

Références bibliographiques :

Lundy P. et al., 1984. Water Res., 18(2): 187-194
Walsh G.E., 1983. Aquat. Toxicol., 3: 209-214

Mots clés: croissance - photosynthèse - hydrocarbures

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *5 espèces (1 Diatomée, 2 Dinoflagèllés, 2 Cyanophycées)*
6 espèces (1Diatomée, 1 Dinoflagèllés, 2 Cyanophycées, 2 Chlorophycées)

Localisation d'étude :

géographique Afrique du sud, Etats-Unis

bathymétrique

milieu Expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les hydrocabures: pétrole brut, lubrifiant, fuel	Activité photosynthétique Croissance	Suivi des cultures à différentes concentrations de contaminants

Principaux résultats :

Dans les deux études, on observe une absence de toxicité du pétrole brut sur le phytoplancton. L'étude sud africaine montre un effet stimulateur du pétrole brut sur la photosynthèse de la Cyanophycée Entophysalis deusta.
Les différents composés dérivés testés ont, par contre, des effets toxiques avec inhibition de la croissance et de la photosynthèse. Cette toxicité est variable selon les espèces et les concentrations en contaminant.

Références bibliographiques :

Bate G.C., Crafford S.D., 1985. Mar. Pollut. Bull., 16(10): 401-404
Pulich W.M. et al., 1974. Mar. Biol., 28: 87-94

Mots clés: croissance - photosynthèse - chlore

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces
Communautés
Plusieurs espèces en culture

Localisation d'étude :

géographique France, Etats-Unis, Japon,

bathymétrique

milieu Expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par le chlore: - rejets de centrales thermiques ou nucléaires - contamination artificielle	Activité photosynthétique Croissance Concentrations en pigments	Suivis des populations naturelles prés des rejets ou soumises à différentes concentrations de contaminant Suivis de cultures à différentes concentrations de contaminant

Principaux résultats :

L'ensemble des études montre une perte de production primaire et une inhibition de l'activité photosynthétique des communautés phytoplanctoniques par le chlore. Cette inhibition a lieu à des concentrations inférieures à celles utilisées pour les traitements antifouling dans les canalisations des centrales thermiques ou nucléaires ayant des rejets en mer.
Ces résultats sont confirmés par les expériences en laboratoire sur différentes espèces. Les réponses et les seuils de sensibilité varient selon l'espèce, la densité cellulaire et la présence ou non de lumière.

Références bibliographiques :

Carpenter E.J. et al., 1972. 16: 37-40
Hirayama K., Hirano R., 1970. Mar. Biol., 7: 205-213
Roberts M.H., 1977. Chesapeake Science, 18(1): 130-136
Videau C. et al., 1979. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 36: 111-123

Mots clés: T. suecica - S. costatum - activité enzymatique - FDA - CL50

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Tetraselmis suesica, Skeletonema costatum*

Localisation d'étude :

géographique France

bathymétrique

milieu expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
- Désherbants - Pesticides - métaux lourds - Eaux de surface d'une baie polluée (Manche)	Activité enzymatique: estérase	FDA (fluorescéine diacétate) et calcul CI50 (concentration pour inhibition de 50% de la croissance) Lecture de microplaques Direction des expériences par un logiciel informatique

Principaux résultats :

Cette technique permet de mesurer et de comparer l'effet des différents contaminants. Les problèmes posés par certains composés peu solubles montrent cependant les limites de ce test et la nécessité de son amélioration par l'étude d'autres espèces plus sensibles à la méthode et aux contaminants.
L'application de cette méthode à la détermination de la qualité des eaux d'une baie a permis de montrer la toxicité sur les algues des eaux des stations polluées. La standardisation de cette technique est de plus facilité par la simplicité des manipulations et des mesures. Il parait cependant indispensable de corréler les résultats de cette méthode à des analyses chimiques avant son application en routine.

Références bibliographiques :

Galgani F. et al., 1991. Océanis, 17(3): 223-225
Gilbert F. et al., 1992. Mar. Biol., 112: 199-205

Mots clés: Isochrysis galbana - HSP60 - hydrocarbures

Groupe **Phytoplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Isochrysis galbana*

Localisation d'étude :

géographique Etats-Unis

bathymétrique

milieu Expérimental

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par les hydrocarbures et les dispersants	Induction de HSP60	Western blot

Principaux résultats :

Les HSP60 interviennent dans les processus de protection cellulaire vis à vis de la contamination. Ainsi, les expériences menées sur cette espèce montrent une induction de HSP60 par (i)une augmentation de la température, (ii)de faibles concentrations d'hydrocarbures traités ou (iii)non traités par des dispersants. L'augmentation de la salinité dans le milieu diminue la sensibilité des HSP60 à l'augmentation de la température et aux hydrocarbures.

Références bibliographiques :

Wolfe M.F. et al., 1999. Mar. Environ. Res., 47: 473-489

Caractère opérationnel du groupe: PHYTOPLANCTON

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique	au niveau de la structure des peuplements:	2	abondance ☑ richesse spécifique ☑	
	d'un ou plusieurs taxons :	4		Skeletonema costatum, plusieurs Dinoflagéllés
	Participation à un (des) indice(s) ☐			
Rôle de bioaccumulateur de contaminants	organiques:	5		
	inorganiques:	4		Métaux lourds
	organométalliques:	4		TBT
Emploi dans le groupe de marqueurs	de génotoxicité:	5		
	biochimiques:	4		Activités enzymatiques (estérase, phosphatase alcaline), HSP60
	physiologiques:	3		Croissance, activité photosynthétique
	morphologiques:	5		
	comportementaux:	6		
Existence de Biotests		2		

Synthèse critique du groupe : PHYTOPLANCTON

Points forts :

Les nombreuses études portant sur l'eutrophisation en mer ont montré que la structure des populations phytoplanctoniques naturelles permet de déterminer la qualité du milieu marin. Certaines espèces sensibles disparaissent, d'autres prolifèrent.
A peu prés tous les contaminants ont été testés sur les populations naturelles ou sur des espèces en culture. Ce groupe présente l'avantage d'être facile à manipuler et à cultiver en laboratoire et de fournir rapidement des résultats. Plusieurs espèces sont particulièrement bien adaptées aux tests en laboratoire dont celui mis au point par l'AFNOR sur l'inhibition de la croissance de Skeletonema costatum.

Limites:

Les résultats obtenus par des expériences menées en laboratoire ne sont pas toujours transposables aux situations existantes dans le milieu naturel, en particulier quand il s'agit de cultures monospécifiques mesurant les effets d'un seul contaminant à la fois. De nombreux aspects de la pollution par les métaux lourds ne sont pas connus et les réponses des microalgues à cette contamination dépendent non seulement des conditions physico-chimiques du milieu mais également des intèractions entre métaux. Les études de toxicité donnent des résultats différents selon le milieu de culture utilisé, les cultures confinées sous-estimant la capacité des algues à survivre et à croître en milieu contaminé. Il existe une variabilité intraspécifique des réponses chez les espèces cultivées en laboratoire. Ces clones aux sensibilités différentes ne peuvent pas être représentatifs de la population dont ils sont issus.

Commentaires:

L'étude de la structure des populations phytoplanctoniques est déjà utilisée pour la surveillance du milieu marin par des réseaux français et canadien.
Des recherches complémentaires tendant (i)à homogénéïser les protocoles d'étude et (ii) à privilégier l'utilisation de conditions naturelles de culture, permettraient une généralisation des tests utilisant le phytoplancton.

Cahier N° : 19

ZOOPLANCTON

Description :

Animaux - Invertébrés -Planctoniques

Photo ci-contre :

Apolemia sp. est un cnidaire méditerranéen faisant partie du macrozooplancton accumulant des métaux lourds et particulièrement le zinc (Ph. P. Francour).

Distribution

géographique	Distribué dans toute les mers du monde : artiques, tropicales et tempérées.
bathymétrique	De la surface à plus de 1000 mètres de profondeur.
milieu(x) occupé(s)	Domaine pélagique

Biologie

nutrition	Herbivore (phytoplancton)
reproduction	Sexuée et asexuée
durée de vie	Courte pour les stades larvaires sinon inconnue

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☑
- **inorganiques** ☑
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☑

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☐

Mots clés: pollution - métaux lourds - accumulation - Méditerranée

Groupe **Zooplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Amphipodes, Cnidaires,Cténaires, Mollusques, Salpes*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : France (Nice-Corse)

bathymétrique de la surface à -500m

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les métaux lourds	Concentration en métaux lourds : Cd, Cu, Pb, Zn, dans le corps des organismes et dans les pelotes fécales.	SAA flamme (Cu et Zn). Four (Cd et Pb).

Principaux résultats :

Les concentrations en métaux lourds chez les différents groupes d'organismes macroplanctoniques montrent peu de différences. Néanmoins, le Zn semble s'accumuler préférentiellement dans les organismes riches en collagène (constituant de la mésoglée) : Cténophores, Cnidaires.
Chez le Cténaire Beroe ovata, la concentration en Cu et en Zn ne paraît pas dépendante du poids, alors que qu'elle l'est chez le Cnidaire Velella velella. Cette dernière espèce montre des différences d'accumulation pour le Cd et le Pb selon les sites d'échantillonnage. Les valeurs les plus fortes sont observées pour des individus prélevés près des côtes.
Quant aux Salpes enfin, étant donné leur taux important de défécation, ces organismes semblent jouer un rôle important dans le cycle biogéochimique des métaux traces en mer. Le Cd, le Cu et le Zn liés au matériel fécal sont très vite dissous dans l'eau de mer alors que le Pb sédimente.

Références bibliographiques :

Cherry R.D. et al., 1978. Nature. 274 : 246-248.
Fowler S.W., 1977. Nature. 269 : 51-53.
Fowler S.W., 1986. Environ. Monit. Assess. 7 : 59-78.
Roméo M. et al., 1985. Chemosphere 14(9) : 1423-1431.
Roméo M., Nicolas E., 1986. Mar. Chem. 18 : 359-367.
Roméo M. et al., 1987. Wat. Res. 21 : 1287-1292.
Roméo M. et al., 1992. Mar. Ecol. Prog. Ser. 82(3) : 267-274.

Mots clés: métaux lourds - radioisotopes - Copépodes

Groupe **Zooplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Copépodes : Acartia tonsa, A. hudsonica, Anomalocera patersoni, Temora logicornis.*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée : Monaco, Atlantique ; USA : Long Island, NY

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Contamination par des métaux lourds (Ag, Cd, Hg, Zn) et des radionucléides (Am, Pu)	Mesure de la concentration en radioisotopes : 110 Ag, 109Cd, 203Hg, 65Zn, 241Am, 32P, 237Pu dans les tissus des Copépodes et dans les pelotes fécales.	Mesure des radioisotopes : Compteur Geyger. Etude de l'assimilation des métaux lourds par les copépodes à l'aide de traceurs radioactifs.

Principaux résultats : Les études menées chez Anomalocera patersoni montrent que cette espèce fixe très rapidement dans ses tissus, le Cd et le Zn. Le Hg, quant à lui, est fixé beaucoup plus lentement. Les résultats expérimentaux montrent que les Copépodes jouent un rôle important d'accumulateur de Cd, Hg et Zn à partir des eaux de surface, alors que les éléments transuraniques sont éliminés dans les pelotes fécales puis sédimentent.

Références bibliographiques :

Fisher N.S. et al., 1991. Mar. Ecol. Prog. Sér. 71(1) : 37-43.
Fowler S.W. et al., 1976. In : Activities of the International Laboratory of Marine Radioactivity.
Reinfelder J.R., Fisher N.S., 1978. Sciences. 251 : 794-796.

Mots clés: pollution - métaux lourds - accumulation - Amphipodes - Euphausiacées - Copépodes

Groupe **Zooplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces: *Amphipodes : Themisto gaudichaudii, T. compressa; Euphausiacées : Meganyctiphanes norvegica, Euphausia superba. Ichtyoplancton; Copépodes : Calanus finmarchicus*

Localisation d'étude :

géographique: Antartique; Atlantique : Groenland; mer celtique : Angleterre; mer de Barents, Golfe Arabique

bathymétrique: Surface

milieu: Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les métaux lourds	Concentration en Cd, Cu, Hg et Zn.	SAA flamme.

Principaux résultats :

Les mesures de concentrations en métaux lourds (Cu, Cd et Zn) chez les Amphipodes et chez les Euphausiacées montrent qu'il existe des différences en fonction de la taille des individus et du site géographique de prélèvement. En comparaison avec les autres crustacés planctoniques, Themisto gaudichaudii et T. compressa accumulent le Cd à des valeurs élevées. Ces fortes concentrations chez ces deux espèces, constituant la base de la chaine alimentaire, semblent être à l'origine de la contamination des hauts niveaux trophiques, tels que les oiseaux de mer.
Néanmoins, d'une manière générale, la mesure de la concentration en métaux lourds chez les organismes zooplanctoniques, comme indicateur de la contamination du milieu marin, demande des recherches complémentaires concernant, notamment, les stratégies d'accumulation du zooplancton selon la saison hivernale ou estivale.

Références bibliographiques :

Abdel Moati M.A.R., Flamarzi M.M., 1996. Fresenius Environ. Bull. 5(3-4) : 196-201.
Joiris C.R. et al., 1997. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 59(3) : 472-478.
Rainbow P.S., 1989. Mar. Biol. 103(4) : 513-518.
Ritterhoff J., Zauke G.P., 1997. Sci. Total. Environ. 199(3) : 255-270.
Zauke G.P. et al., 1996. Hydrobiol. 81(1) : 141-160.

Mots clés: pollution - pesticides - communautés zooplanctoniques

Groupe **Zooplancton** - Bioaccumulateurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté zooplanctonique.*

Localisation d'étude :

géographique Mer baltique : Pologne; mer de Barents, mer d'Oman : Inde

bathymétrique Surface

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les pesticides.	Mesure de la concentration en pesticides : CHLs et métabolites, aldrine, dieldrine, endrine, isodrine, endosulfan 1, endosulfan2. Mesure de la concentration en PCB, PCNs et pesticides (DDT, DDE, DDD).	Chromatographie en phase gazeuse.

Principaux résultats :

D'une manière générale, les organismes zooplanctoniques accumulent bien les pesticides et les composés organochlorés. A la base de nombreuses chaînes trophiques, ils constituent le premier élément de contamination.
Les mesures réalisées sur les côtes indiennes montrent que les concentrations en DDT, DDE et DDD varie selon la saison. Elle est 4 à 5 fois plus importante pendant la période de mousson que pendant la période de pré-mousson. Ce pic correspond à un maximum d'utilisation des pesticides par l'agriculture. Les dosages chez les organismes zooplanctoniques permettent donc de suivre la contamination du milieu marin par les activités humaines et la dispersion rapide de DDT et de ses résidus en mer.

Références bibliographiques :

Falandysz J. et al. 1998. Sci. Total. Environ. 215(3) : 253-258.
Falandysz J. et al. 1996. Bromatol. Chem. Toksykol. 29(3) : 261-266.
Joiris C.R. et al., 1997. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 59(3) : 472-478.
Shailaja M.S., Nair M. 1997. Mar. Environ. Res. 44(3) : 263-274.

Mots clés: test de toxicité - Zinc - Dodecyl sulfate de sodium - métaux lourds - stades larvaires

Groupe **Zooplancton** - Biomarqueurs

Espèce ou Groupe d'espèces *Stade larvaire : Metapenaeus ensis; Mysidacée : Mysidopsis juniae; Copépodes : Acartia lilljeborji; Temora stylifera.*

Localisation d'étude :

géographique Golfe de Finlande, Atlantique : Brésil

bathymétrique Expérimentation in vitro

milieu

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Métaux lourds (As, Cu, Cr, Ni, Zn) et détergent (dodecyl sulfate de sodium).	Tests de toxicité. Développement larvaire et mortalité. Apparition de tumeurs. Comportement alimentaire	Observation au microscope optique et à la loupe binoculaire.

Principaux résultats :

Les copépodes accumulent l'arsenic présent dans le phytoplancton consommé, ce transfert est réalisé sans accroissement des concentrations. Les effets directs sur le zooplancton (mortalité, malformations) sont considérés comme négligeables pour des concentrations inférieures à 100µg/l. Les tests de toxicité au Zn et au dodecyl sulfate de sodium montrent que la sensibilité aux métaux augmente avec la baisse de la salinité chez les Mysidacés et les Copépodes. La température semble ne jouer aucun rôle. Pour Metapenaeus ensis, le Cu est plus toxique que le Cr et le Ni. Le comportement alimentaire est affecté par la présence de métaux lourds. Néanmoins, la tolérance augmente avec l'âge des larves.
Enfin, des tumeurs chez les nauplii de Décapodes ont été observés dans le Golfe de Finlande due à une contamination croissante du milieu marin par différents agents carcinogènes (métaux lourds).

Références bibliographiques :

Nipper M.G. et al., 1993. Bull. Environ. Cotam. Toxicol. 51 : 99-106.
Silina N.I et Khudolei V.V., 1993. Gidrobiol. ZH. Hydrobiol. 29(3) : 96-99.
Wong C.K. et al. 1993. Rapp. Comm. int. Mer. Médit. 23(9) : 109-111.

Mots clés: zone portuaire - rejets urbains et industriels - communauté zooplanctonique

Groupe **Zooplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté zooplanctonique*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée occidentale : France

bathymétrique Surface

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Zone portuaire, rejets urbains et industriels (pollution par les hydrocarbures), zones eutrophes.	Composition de la communauté zooplanctonique.	Comptage à la loupe binoculaire et au microscope optique.

Principaux résultats :

Les zones eutrophes, en raison de multiples facteurs de déséquilibre, restent toujours immatures et ne présentent jamais un haut degré d'organisation. On note des peuplements principalement dominés par des espèces du genre Acartia (A. clausi, A. discaudata, A. latisetosa), par Podon polyhenoides et Sagitta setosa. Un nombre restreint d'espèces caractérise les milieux portuaires. Parmi ces espèces on note deux espèces pérennes : un cirripède (Balanus amphitrites) et A. clausi. Une étude menée dans le port de Marseille montre qu'une concentration en seston >5mg/l caractérise des eaux polluées. Parmi les cladocères, Podon intermedius peut servir à caractériser les eaux portuaires surtout en été.
Dans les zones à forte concentration en hydrocarbures, Acartia clausi et les Oithonidés sont rares. L'espèce la plus résistante paraît être Podon polyphemoides. Vis-à-vis des métaux lourds, P. parvus semble très tolérant au Pb mais peu au Cd. Cette tolérance est inverse chez A. clausi qui semble peu résistant au Cu. Enfin, dans les zones de rejet d'émissaire, la disparition des Pontellidés est un excellent indicateur de la pollution du milieu. La densité zooplanctonique totale est minimale au voisinage immédiat du débouché de l'émissaire.

Références bibliographiques :

Arfi R. et al., 1981. Mar. Biol. 61 : 133-141.
Arfi R. et al., 1982. Téthys 10(3) : 211-217.
Arfi R. et Patriti G., 1987. Hydrobiol. 144 : 11-23.
Blanc F. et Leveau M., 1973. Thèse d'Etat es Sciences naturelles.
Benon P. et al. , 1977. Thèse 3ème cycle, Université Aix-Marseille II.
Champalbert G., 1979. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 25/26(8) : 103-104.
Choy S.C. et al., 1992. Première Conférence Européenne sur les Crustacés.
Crisafi P., 1974. Boll. Pesca Pisci. Idrobiol. 29(1) : 5-10.
Vucetic T., 1977. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 24(10) : 109-111.

Mots clés: zone portuaire - rejets urbains et industriels - communauté zooplanctonique

Groupe **Zooplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté zooplanctonique*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée occidentale : Espagne, Italie; Mer Adriatique : Italie

bathymétrique Surface

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Zone portuaire, rejets urbains et industriels.	Composition de la communauté zooplanctonique	Comptage à la loupe binoculaire et au microscope optique.

Principaux résultats : En milieu portuaire, les Copépodes et les Cladocères dominent. Les maxima d'abondance des Cladocères et les périodes d'apparition des espèces sont principalement sous la dépendance de la salinité et de la température. Parmi les espèces de Copépodes, le genre Acartia domine. Parmi l'holoplancton arthropode, on note un groupe d'espèces exclusivement portuaires appartenant au genre Podon et au genre Acartia : Podon polyphemoides en été; P. intermedius, Acartia latisetosa et A. grani en hiver. De fortes concentrations de larve de Balanus ont été notées dans les eaux les plus internes du Port de Gênes soumisent à de fortes concentrations en nitrates et phosphates.

Références bibliographiques :

Alcaraz M., 1980. Inv. Pesq. 44(2) : 265-274.
Rodriguez J. & Vives F., 1984a. Inv. Pesq. 48(2) : 223-233.
Rodriguez J. & Vives F., 1984b. Inv. Pesq. 48(2) : 235-254.
Garcia A. & Caminas J.A., 1985. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 29(9) : 309-310.
Gras D. & Rodriguez Babio C. 1990. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 32(1) : 217.
Della Crosa N. et al., 1972. Colloque "Côte d'Azur-Rivieira dei Flori : Pollution et aménagement" : 1-4.
Guglielmo L., 1973. Colloque int. Océanogr. Med., Messina : 339-422.
Picone P. & Zumini-Sertario T., 1976. 4ème Congr. Int. Corrosion marine et salissures, Antibes-Juan-les-Pins : 419-423.
Basso M.P. et al., 1980. Univ. Genova Rapp. Tecn, 50p.
Rottini-Sandrini L. et al., 1991. Map. Tech. Rep. Ser. 52 : 63-70.
Solic M. et al, 1997. Oceanol acta. 20(1) : 131-143.
Zamini-Sertario et al., 1981.

Mots clés: pollution - Mer Noire - eutrophisation - communauté zooplanctonique

Groupe **Zooplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté zooplanctonique*

Localisation d'étude :

géographique Mer noire : Roumanie

bathymétrique Surface

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation du milieu.	Composition de la communauté zooplanctonique.	Comptage à la loupe binoculaire et au microscope optique.

Principaux résultats :

A partir de l'étude de la communauté zooplanctonique, plusieurs zones, correspondant à des conditions d'eutrophisation différentes, ont été mises en évidence le long des côtes roumaines. La partie ouest est très eutrophe, trois espèces dominent le peuplement : Noctiluca miliaris, Acartia clausi et Podon polyphemoides. Dans la partie Est, où les phénomènes d'eutrophisation débutent, Noctiluca miliaris domine mais son développement quantitatif est moins significatif.
En zone eutrophe, des épisodes de "bloom" à Noctiluca miliaris ont été notés. Ces développements explosifs entraînent une augmentation du taux de détritus et l'évolution vers des communautés zooplanctoniques peu structurées où dominent A. clausi et P. polyphemoides.
Enfin, les développements de Noctiluca scintillans entre 1980 et 1990, observés dans les eaux roumaines de la mer Noire, sont considérés comme une conséquence de l'augmentation de l'eutrophisation des eaux de la mer Noire.

Références bibliographiques :

Petran A., 1980. Cercet. Mar. Rech. 19 : 125-131.
Porumb F., 1980.Cercet. Mar. Rech. 13 : 103-123.
Porumb F., 1986. Cercet. Mar. Rech. 19 : 73-90.
Petran et Rusu, 1988. Cercet. Mar. Rech. 25 : 85-105.
Petran A., 1986. Cercet. Mar. Rech. 19 : 55-72.
Petran et Rusu , 1990. Cercet. Mar. Rech. 30 : 70-95.
Porumb F., 1992. Mar. Coast. Eutroph. n° suppl., 907-920.

Mots clés: zone de rejet d'émissaire - zone portuaire - eutrophisation - Méditerranée orientale

Groupe **Zooplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Communauté zooplanctonique*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée orientale : Grèce, Liban

bathymétrique Surface à quelques mètres de profondeur

milieu Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Eutrophisation, zone de rejet d'émissaire urbain, zone portuaire.	Composition de la communauté zooplanctonique.	Comptage à la loupe binoculaire et au microscope optique.

Principaux résultats :

Au débouché d'émissaires urbains, on note une communauté zooplanctonique extrèmement pauvre, tant du point vue quantitatif que de la diversité des espèces. De nombreuses espèces sont absente de ces zones d'émissaires. Sur les côtes libanaises, la seule espèce réellement indicatrice d'une zone perturbée semble être Polydora ciliata. Il semble que la pollution organique liée au rejets soit à l'origine d'une prolifération bactérienne affectant grandement l'écologie du zooplancton.
D'une manière générale, les Copépodes et les Cladocères sont les deux groupes dominants dans les zones sous influence d'émissaire ou en zone portuaire.
Dans ces zones, les peuplements ont une densité relativement faible et une diversité spécifique faible. En revanche la composition taxonomique ne diffère pas significativement des aires non polluées.
Les Cladocères paraissent être de bon indicateurs d'une diminution de la salinité et de phénomènes d'eutrophisation (Penilia sp., Evadne tergestina).
En grèce, le suivi à long terme (>20 ans) des communautés zooplanctoniques montrent clairement que les fluctuations de la communauté planctonique peuvent être corrélées aux fluctuations des nutrients arrivant à la mer et résultant des activités humaines.

Références bibliographiques :

Lakkis S. & Abboud M., 1976. Rapp. Comm. int. Mer Médit. : 79-81.
Lakkis S. & Zeidane R., 1986. Rapp. Comm. int. Mer Médit., p. 201.
Moraitou-Apostolopoulou M. & Kiorsis V., 1977. Rapp. Comm. int. Mer Médit. : 113-114.
Yannopoulos C., 1981. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 27(7) : 107-109.
Verriopoulos G. et al., 1985. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 29(9) : 307-308.
Siokou-Frangou I. & Akepsimaides K., 1986. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 30(2) : p202.
Siokou-Frangou I. et al., 1990. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 32(1), p, 213.

Mots clés: Zone portuaire - rejets domestiques - communauté zooplanctonique

Groupe **Zooplancton** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces: *Communauté zooplanctonique (Copépodes, Cladocères, larves, œufs)*

Localisation d'étude :

géographique: Mer Baltique : Estonie; mer de Chine : Taiwan; mer d'Oman : Inde

bathymétrique: Surface à quelques mètres de profondeur

milieu: Domaine pélagique

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollution générale du milieu marin par les métaux lourds. Milieu pollué en zone potuaire et par des rejets domestiques et industriels (Ville de Bombay).	Composition de la communauté zooplanctonique.	Comptage à la loupe binoculaire et au microscope optique.

Principaux résultats :

Dans les zones polluées par les métaux lourds, les espèces dominantes parmi les organismes du zooplancton sont essentiellement des crustacés (larves de crabes, Amphipodes, Copépodes). Parmi les Copépodes bien présents en zone portuaire, les Acartiidés (Acartia spinicauda, A. centrura et Centropages dorsispinatus) sont les plus abondants.
Enfin, dans les zones soumises à la mousson (Inde), on observe une augmentation significative des espèces euryhalines (notamment Pseudodiaptomus binghami malayalus) durant cette période. Ces espèces sont très sensibles (mortalité) aux pollutions liées aux rejets urbains et industriels.

Références bibliographiques :

Lumberg A. et Ojaveer H., 1997. Oceanol acta. 20(1) : 144-150.
Chu K. et al., 1995. Chemistry and Ecology. 10(1-2) : 167-180.
Ramaih N., 1997. Indian J. Mar. Sci. 26(1) : 20-25.+

Caractère opérationnel du groupe: ZOOPLANCTON

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements:	4	abondance ☑ / richesse spécifique ☑	
d'un ou plusieurs taxons :	4	Copépodes (surtout les Pontellidés) et Cladocères.	
Participation à un (des) indice(s) ☐			

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

organiques:	4	Composés organochlorés (DDT, PCB, Chlordanes).
inorganiques:	4	Métaux lourds (Cd, Cu, 137Cs, Hg, Ni, Pb, Zn).
organométalliques:	5	

Emploi dans le groupe de marqueurs

de génotoxicité:	5	
biochimiques:	5	
physiologiques:	5	
morphologiques:	4	Développement de tumeurs chez les larves nauplii en présence d'agents carcinogènes.
comportementaux:	5	

Existence de Biotests

2	Tests de toxicité au Zinc et au dodecyl sulfate de sodium sur un Mysidacé (M. juniae) et des décapodes (A. lilljeborji et T. stylifera).

Synthèse critique du groupe : ZOOPLANCTON

Points forts :

Différentes équipes de recherche ont travaillé sur l'utilisation des organismes du zooplancton comme indicateur de la qualité du milieu marin. Ces données acquises aussi bien dans les mers tropicales, les mers tempérées ou en zones polaires, permettent assez bien de cerner les potentialités de ces organismes comme indicateurs de milieux pollués (zone portuaire, zone de rejet d'émissaire), tout au moins en tant qu'indicateurs écologiques. Dans ce cadre, les Pontellidés jouent un rôle très important dans la caractérisation de l'influence des zones portuaires.
Les capacités de bioaccumulation de ces organismes permettent d'envisager l'utilisation des organismes du zooplancton pour la surveillance de la contamination du milieu marin par les métaux lourds et les composés organochlorés. Enfin, il faut retenir l'existence de tests de toxicité au zinc sur une espèce de Mysidacée et sur plusieurs espèces de copépodes.

Limites:

L'utilisation du zooplancton comme indicateurs de la qualité du milieu marin requiert des compétences taxonomiques pointues. Les espèces de certains groupes de copépodes, tels que le genre Clausocalanus, sont très difficiles à identifier. De plus, deux espèces voisines appartenant au même genre peuvent avoir des exigences écologiques opposées. Dans les milieux pollués, les facteurs physiques et chimiques peuvent agir conjointement sur la réactivité du zooplancton à la pollution, en amplifiant notamment cette réponse. Les facteurs du milieu naturel peuvent avoir une action plus importante sur les peuplements du zooplancton, que les différents polluants. L'aspect saisonnier des suivis est un facteur important à prendre en compte dans le cadre de l'utilisation des organismes du zooplancton comme indicateur de la qualité du milieu marin.

Commentaires:

L'utilisation en routine de ces organismes dans un réseau de surveillance doit être envisagée avec beaucoup de précaution et requiert de solides connaissances concernant la taxonomie et les cycles biologiques des espèces. Plusieurs études sont absolument nécessaires avant d'envisager l'emploi des organismes du zooplancton en tant qu'indicateurs biologiques, dans le cadre d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux littorales. Trois axes de recherches peuvent être dégagées :
1- La reconnaissance des différentes communautés planctoniques afin d'y repérer les principales espèces indicatrices en fonction de la saison.
2- La réalisation de fiches d'identification des principales espèces indicatrices permettant de simplifier le travail de taxonomie et d'interprétation.
3- La mise au point d'un protocole d'échantillonnage, d'indices de présence-abondance de ces espèces et de tests de fiabilité.

Cahier N° : 20

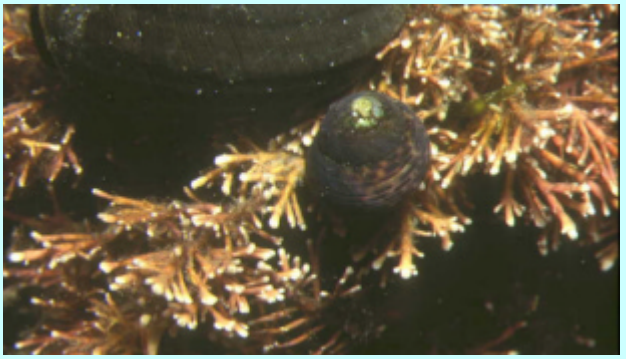
BENTHOS

Description :

Animaux - Invertébrés

Photo ci-contre :

Les gastéropodes herbivores de la zone intertidale ont participé à un indice biotique de survie après une marée noire (Ph. P. Francour)



Distribution

géographique	Cosmopolite
bathymétrique	Large répartition
milieu(x) occupé(s)	Tous les types de substrats

Biologie

nutrition	Très variée : microphages, macrophages; détritivores, suspensivores, dépositivores; omnivores, carnivores
reproduction	Sexuée et aséxuée
durée de vie	De quelques jours à quelques années

Approches

Indicateurs écologiques ☑

Bioaccumulateurs de polluants :

- **organiques** ☐
- **inorganiques** ☐
- **organométalliques** ☐

Existence de marqueurs :

- **de génotoxicité** ☐
- **biochimiques** ☐
- **physiologiques** ☐
- **morphologiques / comportementaux** ☐

Réseau(x)

Implication dans un (des) réseau(x) ☑

RNO (France), NMP (Royaume-Uni), Réseau de Mecklenburg-Vornpommera (Allemagne), RESE (Canada), EMAP (Etats-Unis)

Mots clés: macrofaune - zonation - matière organique - enrichissement

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée, Atlantique, Pacifique, Baltique

bathymétrique Etages infralittoral et circalittoral, zone subtidale

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains, effluents industriels.	Composition spécifique Abondance (nombre d'individus) Diversité spécifique Densité Concentrations en contaminants dans les sédiments	Suivi spatio-temporel des peuplements et des caractéristiques physiques et chimiques des sédiments

Principaux résultats :

Toutes les études décrivent le même schéma de dégradation des biocénoses benthiques. On observe une zonation (ou une succession dans le temps) des peuplements macrobenthiques en fonction de l'enrichissement en matière organique des sédiments :
- une zone de pollution maximale azoïque (sans macrobenthos) ;
- une zone polluée, comprenant quelques espèces avec des densités importantes (Capitella capitata et Malacoceros fuliginosa sont les plus fréquentes) ;
- une zone subnormale caractérisée (i) par la disparition de la quasi-totalité des espèces de la zone précédente, (ii) un léger accroissement de la diversité, (iii) la dominance de quelques espèces et des Annelides Polychètes ;
- une zone normale comprenant les espèces caractéristiques des biocénoses de la zone géographique étudiée.

Si dans l'ensemble des études, on retrouve le plus souvent les mêmes espèces caractérisant les zones polluées, ce n'est pas le cas pour les zones subnormales. Il apparaît que dans la recherche d'espèces sentinelles (ayant un rôle d'alarme), précocité et aire géographique étendue soient deux notions antagonistes.

Références bibliographiques :

Bellan G. et al., 1995. In Etat des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin, IARE ed., Montpellier, 115-122
Bellan G., 1985. Actes du colloque "Indices biotiques", Paris, 15-17 nov. 1983, Ministère de l'Environnement, 99-110
Bellan G., 1967a. Rev. Intern. Oceanogr. Med., 6-7: 53-87
Bellan G., 1967b. Rev. Intern. Oceanogr. Med., 8: 51-95
Glemarec M., Hily C., 1981. Acta Oecol./ Oecol. Applic., 2(2): 139-150
Pearson T.H., Rosenberg R., 1978. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 16: 229-311
Reish D.J., Bellan G., 1994. In: Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, D. Bellan, G. Bonin, C. Emig Eds, Lavoisier, 701-743
Ros J., Cardell M.J., 1992. In Marine Eutrophication and Population Dynamics. 25th European Marine Biology Symposium, Fredensborg, G. Colombo, I. Ferrari, V.U. Ceccherelli et R. Rossi Eds, 101-110
Salen-Picard C., 1993. GIS Posidonie publ., 175-187

Mots clés: macrofaune -polluo-sensibilité - groupes écologiques

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (France)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Substrats meubles, baies, estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions urbaines et industrielles, déversements accidentels de pétrole	Composition spécifique Abondance (nombre d'individus) Densité Biomasse Caractéristiques physico-chimiques des sédiments	Classification des espèces en groupes écologiques selon leur sensibilité ou leur tolérance à la surcharge en matière organique

Principaux résultats :

La méthode d'évaluation de la santé des structures benthiques est basée sur la reconnaissance de groupes écologiques de sensibilité différente à la pollution :
- groupe I : espèces sensibles qui dominent en conditions normales et disparaissent les premières
- groupe II : espèces indifférentes, ne présentent pas de variations significatives
- groupe III : espèces tolérantes, naturellement présentes, elles sont stimulées quand il y a une perturbation
- groupe IV et groupe V : espèces opportunistes de 2nd ordre (Spionidae, Cerratulidae) et de 1er ordre (Capitella capitata, Malacoceros fuliginosa essentiellement) adaptées à la vie dans des sédiments réduits.

L'abondance relative de ces groupes, en fonction du degré de pollution, permet d'identifier différentes étapes de dégradation des communautés notées de 0 (peuplement normal) à 7 (macrofaune absente, pollution maximale).
Par cette méthode, non seulement les zones fortement polluées sont aisément identifiables mais sont également détectables les premiers signes de déséquilibre ou ceux d'une restauration.

Références bibliographiques :

Blandin P., 1986. Bull. Ecol., 17(4): 215-307
Glemarec M., Hily C., 1981. Acta Oecol./ Oecol. Applic., 2(2): 139-150
Glemarec M., 1985. Actes du Colloque "Indices biotiques", Paris, 15-17 nov. 1983, Ministère de l'Environnement, 87-95
Glemarec M. et al., 1982. In: International Symposium on Utilization of Coastal Ecosystems, Rio Grande, Brazil, 22-27 nov., 18p
Grall J., Glemarec M., 1997. Ann. Inst. océanogr., Paris, 73(1): 7-16
Hily C. et al., 1986. Océanis, 12(6): 419-426
Majeed S.A., 1987. Mar. Pollut. Bull., 18(9): 490-49
Glemarec M., 1986. Wat. Sci. Tech., 18: 203-211

Mots clés: macrofaune -sédiment - coefficient de pollution

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Méditerranée (Grèce), Pacifique (Etats-Unis)

bathymétrique Etage infralittoral, zone subtidale

milieu Substrats meubles, baies, ports, mer ouverte

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains, effluents industriels Activités portuaires	Nombre d'espèces Nombre d'individu Texture du substrat (% de sable et de vase) Profondeur	Evaluation du nombre d'espèces et du nombre d'individus en fonction de la profondeur et de la texture du sédiment. Comparaison des valeurs calculées avec celles réellement observées.

Principaux résultats :

La réponse de deux variables biologiques (richesse spécifique et abondance) à la pollution en tenant compte de la texture du sédiment est à l'origine de l'élaboration d'un coefficient de pollution par Satsmadjis (P = g'[g(i/i0)^0.5], g: nombre d'espèces, g': nombre d'espèces théorique, i: nombre d'individus, i0: nombre d'individus théorique).
Ce coefficient prend des valeurs comprises entre: 1.5 et 2 dans le cas d'une faible pollution, 2 et 3 d'une pollution moyenne, 3 et 4 d'une pollution importante, 4 et 8 d'une pollution très importante. Au-delà, ce sont des conditions azoïques qui prévalent.
Ces valeurs s'avèrent beaucoup plus faibles dans le cas d'un impact en mer ouverte, comme il a été montré en Californie. Il apparait donc une spécificité régionale des valeurs prises par P. Dans une région donnée (où les comparaisons sont possibles), l'outil s'avère suffisamment sensible pour apprécier de façon précise l'intensité des impacts anthropiques sur les communautés macrobenthiques.

Références bibliographiques :

Maurer D. et al., 1991. Mar. Pollut. Bull., 22(3): 141-148
Maurer D., Haydock I., 1989. Mar. Pollut. Bull., 20(5): 219-222
Satsmadjis J., 1985. Mar. Pollut. Bull., 16(10): 395-400
Satsmadjis J., 1982. Rev. Int. Océanogr. Med., 66-67: 103-107

Mots clés: macrofaune - groupes trophiques - indice

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Etats-Unis), Mer de nord (Royaume-Uni)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Pollutions d'origine organique: effluents urbains et industriels, plates-formes de forage pétrolier, contamination des sédiments par le DDT et les HPA	Composition spécifique Nombre d'individus Demande biologique en oxygène (DBO) des sédiments	Classification des espèces en 4 groupes trophiques établis en fonction du type de nourriture consommée par l'animal et en fonction de la localisation de la ressource alimentaire

Principaux résultats :

Il a été démontré une relation entre l'abondance totale dans chaque groupe trophique et les valeurs de la DBO des sédiments. Ceci permet l'utilisation de l'indice (ITI), mis au point par Word et calculé en déterminant l'abondance totale des espèces de chaque groupe, comme un véritable indicateur de pollution organique (ITI= 100 - [33,33((0n1+1n2+2n3+3n4)/(n1+n2+n3=n4))], n1-4: nombre d'individus dans les groupes 1 à 4, facteurs 0 à 4 dans le numérateur: facteurs de pondération).
Les valeurs de l'indice varient de 0 à 100, avec des valeurs de 0 à 30 indiquant des fonds dégradés, de 30 à 60 des fonds modifiés et de 60 à 100 des fonds normaux.
En utilisant les composantes fonctionnelles d'une communauté benthique, l'indice ITI s'affranchit des spécificités géographiques, ce qui permet d'envisager une large application de cet outil. L'indice trophique a d'ailleurs été adapté avec succès dans différentes régions du monde et fait actuellement l'objet d'une adaptation en Méditerrannée.

Références bibliographiques :

Bascom W., 1982. Environ. Sci. Technol., 16(4): 226A-236A
Codling I.D., Ashley S.J., 1992. WRc Report n° NR 3102/1, 78p
Ferraro S.P., Cole F.A., 1997. Mar. Biol., 130: 323-334
Licari ML., Dutrieux E., 1998. IARE publ., 38p
Licari M.L., 1998. Thèse de Doctorat, 318 pp
Ferraro S.P. et al., 1989. Can. J. Fish. aquat. Sciences, 46: 2157-2165
Word J.Q., 1990. PhD Thesis, University of Washington, 297p

Mots clés: macrofaune - dragages - espèces indicatrices - indice

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Pacifique (Nouvelle-Zélande)

bathymétrique Zone subtidale

milieu Substrats meubles

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Rejets de matériaux dragués	Composition spécifique Abondance (nombre d'individus)	Sélection des espèces dont les abondances sont soit très élevées, soit très faibles dans les zones perturbées. A chacune d'elle est attribuée une cote, principalement basée sur le rapport de ses abondances en zone de référence et en zone perturbée.

Principaux résultats :

Les espèces "indicatrices" sélectionnées permettent le calcul d'un indice de surveillance des rejets de dragages. Sa valeur est donnée par la moyenne des cotes des espèces indicatrices présentes dans l'échantillon. Cet indice est fortement corrélé à la richesse spécifique et à l'abondance. Il varie de 0 à 10 et permet de mesurer le degré des impacts sur la macrofaune. Il prend des valeurs (i)inférieures à 2 dans les zones très perturbées, (ii)comprises entre 2 et 6 dans les zones irrégulièrement perturbées, (iii)supérieures à 6 dans les zones non perturbées.
Cette méthode, par la sélection d'un nombre réduit d'espèces indicatrices, permet un gain de temps considérable pour le traitement des échantillons (environ 75% du temps nécessaire au traitement de toutes les espèces). Cet indice, spécifique à type d'impact et à un site particulier, demande à être testé dans d'autres régions, pour d'autres pollutions.

Références bibliographiques :

Roberts R.D. et al., 1998. Mar. Pollut. Bull., 36(3): 231-235

Mots clés: macrofaune - zones - qualité biologique - indice

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Macrofaune*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (Irlande)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Estuaires

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents industriels	Composition spécifique Abondance Diversité spécifique	Classification des zones étudiées en 3 catégories : normale, opportuniste, abiotique

Principaux résultats :

A partir de l'étude et de la connaissance des espèces du macrobenthos, une classification des zones étudiées est proposée en (i)une zone normale (c) caractérisée soit par une diversité spécifique élevée soit par des conditions stables à long terme, (ii)une zone opportuniste dominée par des espèces indicatrices de pollution, (iii)une zone abiotique (a) dépourvue de vie macrobenthique. Un indice a été mis au point (Indice de Qualité Biologique) permettant de caractériser simplement un estuaire à partir des proportions que représente chacune de ces zones dans l'aire totale étudiée [BQI = antilog (c-a)].
S'il représente un moyen relativement simple de comparaison de la qualité de plusieurs estuaires, cet indice requiert la maitrise de l'identification des espèces indicatrices ainsi qu'un effort d'échantillonnage important.

Références bibliographiques :

Tomlinson D.L. et al., 1980. Helgolander Meeresunters., 33: 566-575
Wilson J.G., Jeffrey D.W., 1987. In: Biological Indicators of Pollution, D.H.S. Richardson ed., Royal Irish Academy

Mots clés: gastéropodes - survie - indice

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Gastéropodes : Patelles et Bigorneaux*

Localisation d'étude :

géographique Atlantique (France)

bathymétrique Zone intertidale

milieu Substrats rocheux

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Déversement accidentel de pétrole (Amoco Cadiz)	Biomasse	Calcul du pourcentage de biomasse subsistant aprés la pollution

Principaux résultats :

La biomasse des Gastéropodes herbivores (Patelles, Bigorneaux) en condition normale est a peu près constante dans la région étudiée, dépendant seulement du faciès abrité ou battu. Un indice biotique de survie (B.I.G.H.O.R.N.) permet de comparer sous forme de pourcentage cette biomasse à la biomasse subsistant à la suite de la pollution. Cet indice varie de 100 à 0 depuis les zones hors pollution jusqu'à la zone de mortalité totale. Les variations sont graduelles et permettent la distinction de plusieurs degrés de détérioration du milieu. Cette méthode demande cependant à être testée dans d'autres régions où l'on devra vérifier l'existence d'un état de référence similaire.

Références bibliographiques :

Blandin P., 1986. Bull. Ecol., 17(4): 215-307
Chassé C., Morvan D., 1978. Penn ar Bed, N.S., 11(93-2): 311-338

Mots clés: meiofaune - nématodes - copépodes - indice

Groupe **Benthos** - Indicateurs écologiques

Espèce ou Groupe d'espèces *Meiofaune*

Localisation d'étude :

géographique Mer du Nord (Royaume Uni, Norvège), Océan Indien (Afrique du sud)

bathymétrique Zones intertidale et subtidale

milieu Substrats meubles, baies, estuaires, fjords

Perturbation(s)	Paramètre(s) étudié(s)	Technique(s) utilisée(s)
Effluents urbains, activités industrielles et portuaires, marée noire	Composition spécifique Abondance (nombre d'individus) Densité	Suivi du rapport nombre de Nématodes/nombre de Copépodes dans des stations diversement polluées

Principaux résultats :

Plusieurs études ont montré que le rapport Nématodes/Copépodes varie en fonction de la pollution du milieu. L'enrichissement organique semble affecter plus particulièrement les Copépodes et il en résulte une augmentation de ce rapport dans les zones polluées.
En dehors du fait que les deux groupes ont des exigences différentes vis à vis de la granulométrie des sédiments, l'application de ce rapport comme indice de pollution s'est heurtée à la variabilité des réponses de ces deux groupes selon la nature de la perturbation. Les degrés de pollution de deux sites établis à l'aide de cet indice sont alors difficilement comparables.

Références bibliographiques :

Amjad S., Gray J.S., 1983. Mar. Pollut. Bull., 14(5): 178-181
Coull B.C. et al., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(11): 378-381
Fricke A.H. et al., 1981. Mar. Environ. Res., 5: 59-77
Raffaelli D., 1982. Mar. Environ. Res., 7: 151-164
Raffaelli D., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(11): 381-382
Raffaelli D., Mason C.F., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(5): 158-163
Warwick R.M., 1981. Mar. Pollut. Bull., 12(10): 329-333
Hennig H.F.-K.O. et al., 1983. Environ. Monit. Assess., 3(1): ì 45-60

Caractère opérationnel du groupe:

BENTHOS

Degré d'application

1 : Appliqué en routine
2 : Applicable
3 : Prometteur, en phase de développement
4 : En phase de recherche
5 : Non étudié
6 : A rejeter

Rôle comme indicateur écologique

au niveau de la structure des peuplements: 2
- abondance ☑
- richesse spécifique ☑

d'un ou plusieurs taxons : 3 — Polychètes

Participation à un (des) indice(s) ☑ — IT, IAP etc.

Rôle de bioaccumulateur de contaminants

- organiques: ☐
- inorganiques: ☐
- organométalliques: ☐

Emploi dans le groupe de marqueurs

- de génotoxicité: ☐
- biochimiques: ☐
- physiologiques: ☐
- morphologiques: ☐
- comportementaux: ☐

Existence de Biotests ☐

Synthèse critique du groupe : BENTHOS

Points forts :

Les assemblages benthiques ont donné lieu à de nombreux travaux dont plusieurs dans la voie des applications. Ils ont été intégrés dans plusieurs programmes de surveillance du milieu marin. C'est en effet pour ce groupe que l'on trouve le plus grand nombre d'indices de pollution mis au point. Plusieurs espèces permettent de caractériser des perturbations d'origine anthropique, en particulier les pollutions organiques.

Limites:

Les espèces indicatrices ou les indices proposés, à partir d'observations de la répartition des organismes le long de gradients de pollution, sont souvent spécifiques à la région étudiée. Ils s'avèrent difficilement transposables à des lieux géographiques ou des perturbations différents. De nombreux outils nécessitent un important effort d'échantillonnage et de bonnes connaissances taxonomiques.

Commentaires:

Les peuplements de Métazoaires benthiques sont bien connus à l'échelle mondiale et sont actuellement les meilleurs candidats à une intégration dans un réseau de surveillance. Ce sont les méthodes utilisant non pas la structure spécifique des assemblages mais leurs composantes fonctionnelles, comme l'indice trophique, qui semblent les plus prometteuses.
Dans ce groupe, c'est la macrofaune qui a le plus souvent donné lieu à l'élaboration d'outils de surveillance. Peu d'études concernant la meïofaune ont abouti à des résultats similaires. Des études complémentaires sont nécessaires pour l'intégration de ce compartiment de la faune benthique dans un réseau de surveillance.